



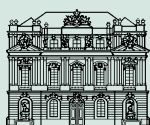
INSTITUT FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG

manu:script

**Sozial-ökologische Konzepte,
Modelle und Indikatoren
nachhaltiger Entwicklung
Trends im Ressourcenverbrauch
in Österreich**

**Veronika Gaube
Helmut Haberl**

http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita_06_03.pdf



ÖSTERREICHISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

Wien, Oktober/2006
ITA-06-03
ISSN 1681-9187

Sozial-ökologische Konzepte, Modelle und Indikatoren nachhaltiger Entwicklung

Trends im Ressourcenverbrauch in Österreich

Veronika Gaube, Helmut Haberl

Institut für Soziale Ökologie, IFF Wien, Universität Klagenfurt

Keywords

Nachhaltigkeit, Interaktionsmodell, Ressourcenverbrauch, Entkopplung, Landnutzung

Abstract

Schon jetzt verbraucht die Menschheit in einem Jahr etwa so viele Ressourcen, wie die Biosphäre in 1,2 Jahren produzieren kann. Mit anderen Worten: Die Menschheit verbraucht etwa 20 % mehr Ressourcen, als global nachhaltig wäre. Für die nächsten Jahrzehnte wird aber weltweit ein erhebliches Bevölkerungswachstum auf 9-11 Milliarden Menschen im Jahr 2050 vorausgesagt. Zudem lebt ein erheblicher Teil der Menschheit in Armut, Hunger und Elend – sozial und ökonomisch unhaltbare Zustände, deren Beseitigung jedenfalls neben beträchtlichen finanziellen Mitteln auch erhebliche Mengen an natürlichen Ressourcen verschlingen wird. Der Beitrag geht einerseits auf die Konzepte „gesellschaftlicher Stoffwechsel“ und „Kolonisierung“ ein und zeigt andererseits Trends im Ressourcenverbrauch Österreichs vor allem im Hinblick auf den Inlandskonsum von Materialien und Energie sowie auf die dafür nötige Flächeninanspruchnahme auf.

Inhalt

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Einleitung..... | 5 |
| 2 | Sozial-ökologische Konzepte | 8 |
| 2.1 | Entwicklungen in der Nachhaltigkeitsforschung..... | 8 |
| 2.2 | Das Konzept der Interaktion von Gesellschaft und Natur | 9 |
| 3 | Ressourcenverbrauch..... | 12 |
| 3.1 | Materialeinsatz | 13 |
| 3.2 | Energieeinsatz | 15 |
| 3.3 | Inanspruchnahme von Flächen innerhalb und außerhalb Österreichs..... | 18 |
| 3.4 | Transportvolumen | 20 |
| 3.5 | Entkopplung und externe Effekte | 22 |
| 3.5.1 | Entkopplungstrends in Österreich | 23 |
| 3.5.2 | Preise von Energie und anderen Gütern im Vergleich zur Einkommensentwicklung | 26 |
| 3.5.3 | Ansatzpunkte für ein Umsteuern: Produzenten versus Konsumenten..... | 28 |
| 4 | Resümee..... | 29 |
| 5 | Literatur | 30 |

IMPRESSUM

Medieninhaber:

Österreichische Akademie der Wissenschaften
Juristische Person öffentlichen Rechts (BGBl 569/1921 idF BGBl I 130/2003)
Dr. Ignaz Seipel-Platz 2, A-1010 Wien

Herausgeber:

Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA)
Strohgasse 45/5, A-1030 Wien
<http://www.oeaw.ac.at/ita>

Die ITA-manuscripts erscheinen unregelmäßig und dienen der Veröffentlichung von Arbeitspapieren und Vorträgen von Institutsangehörigen und Gästen. Die manuscripts werden ausschließlich über das Internetportal „epub.oeaw“ der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt:

<http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript>

ITA-manuscript Nr.: ITA-06-03 (Monat/2006)

ISSN-online: 1818-6556

http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita_06_03.pdf

© 2006 ITA – Alle Rechte vorbehalten

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Entwicklung des ökologischen Fußabdrucks 1961-2001 im Vergleich zur Biokapazität der Erde (Planeten hier verstanden als Erde) | 6 |
| Abbildung 2: Österreichs ökologischer Fußabdruck und Biokapazität 2001 verglichen mit den globalen Werten sowie einer Prognose der globalen Biokapazität 2050 | 7 |
| Abbildung 3: Interaktion von Gesellschaft und Natur..... | 10 |
| Abbildung 4: Konzept des sozioökonomischen Metabolismus..... | 10 |
| Abbildung 5: Wichtige Bestandteile einer Materialflussanalyse und davon abgeleitete Indikatoren..... | 14 |
| Abbildung 6: Inländischer Materialkonsum in Österreich 1970-2001 | 14 |
| Abbildung 7: Inländischer Energiekonsum in Österreich 1950-2000 | 16 |
| Abbildung 8: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Österreich 1990-2003 im Vergleich zum Kyoto-Ziel | 17 |
| Abbildung 9: Entwicklung der Landnutzung in Österreich 1830-2000..... | 18 |
| Abbildung 10: Flächenäquivalente der österreichischen Importe und Exporte an Biomasse und den daraus abgeleiteten Produkten 1920-2000..... | 19 |
| Abbildung 11: Trends im Transportvolumen von Personen und Gütern in Österreich | 21 |
| Abbildung 12: Entwicklung der Transportinfrastruktur in Österreich 1970-1999 | 22 |
| Abbildung 13: Nachhaltigkeit als Balance zwischen wirtschaftlichem Wohlergehen, sozialem Wohlergehen und ökologischen Belastungen | 23 |
| Abbildung 14: Entkopplungstrends zwischen Wirtschaftswachstum, gemessen als Bruttoinlandsprodukt, und Ressourceneinsatz | 24 |
| Abbildung 15: Entwicklung der Energiepreise, Verbraucherpreise, Arbeitskosten und Einkommen im Vergleich | 27 |

I Einleitung

Die derzeitigen globalen Muster im Ressourceneinsatz überfordern bereits jetzt die Regenerationsfähigkeit der Biosphäre und können somit nicht als nachhaltig angesehen werden. Ein deutliches Anzeichen dafür ist der globale Anstieg der Konzentration klimawirksamer Spurengase, vor allem von CO₂, in der Erdatmosphäre mit all seinen möglichen, mit großer Wahrscheinlichkeit bereits heute spürbaren Auswirkungen auf das Weltklima. Sorgen bereitet neben der erwarteten Zunahme der globalen Durchschnittstemperatur, dem damit verbundenen Anstieg des Meeresspiegels und einer Veränderung der Niederschlagsmuster, vor allem eine erwartete Zunahme von Extremereignissen wie Starkniederschlägen, Stürmen, Trockenheit usw. (IPCC 2001).

Ein weiteres Anzeichen für die Überlastung der Biosphäre durch den menschlichen Ressourceneinsatz ist der rasante weltweite Verlust an Biodiversität (Heywood und Watson 1995). Weltweit sind bisher etwa 5 % der Fischarten, 8 % der Pflanzenarten, 11 % der Vogelarten und 20 % der Säugetierarten auf Grund menschlicher Aktivitäten ausgestorben. Die gegenwärtige Rate des Artenverlusts dürfte 100 bis 1000 mal größer sein als jene vor Auftreten des Menschen (Chapin III et al. 2000).

Klimaveränderung und Biodiversitätsverlust haben zu internationalen Vereinbarungen und internationalen politischen Prozessen geführt. Zum Problem der Klimaänderung wurde in zahlreichen Verhandlungsrunden das sogenannte Kyoto-Protokoll zur Reduktion der Treibhausgasemissionen erarbeitet (Protokoll von Kyoto vom 11.12.1997 zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen), das am 16.2.2005 in Kraft trat. Zum Problem des Biodiversitätsverlustes wurde die Biodiversitätskonvention (Multilateral Convention on Biological Diversity, Rio de Janeiro, 5.6.1992) beschlossen, die am 29.12.1993 in Kraft trat. Beide Konventionen wurden von Österreich ratifiziert, die Convention on Biodiversity am 18.08.1994 und das Kyoto Protokoll 2002. Der Convention on Biodiversity ist Österreich mit Beschluss des Nationalrates (BGBl. 213/1995) beigetreten. Damit hat sich Österreich zu den Zielen der Konvention wie etwa „... die Erhaltung der biologischen Vielfalt, die nachhaltige Nutzung ihrer Bestandteile und die ausgewogene und gerechte Aufteilung der sich aus der Nutzung der genetischen Ressourcen ergebenden Vorteile. ...“ bekannt (UBA 1996).

Beide Problembereiche, wie auch viele weitere ökologische Nachhaltigkeitsprobleme (z. B. Emissionen, Abfälle), hängen unmittelbar mit dem Einsatz natürlicher Ressourcen zusammen. Treibhausgasemissionen entstehen durch den Einsatz von Fossilenergie, durch industrielle Prozesse wie etwa die Zementgewinnung, in der Landwirtschaft sowie durch Landnutzungsänderungen (IPCC 2001). Neben der Klimaänderung (Thomas et al. 2004) zählen vor allem Landnutzungsänderungen zu den wichtigsten Ursachen für das Aussterben von Arten (Sala und Chapin 2000). Landnutzung ist mit dem Einsatz von Ressourcen, insbesondere von land- und forstwirtschaftlicher Biomasse, eng verknüpft. Eine Veränderung der Muster in der Ressourcennutzung, insbesondere von Materialien, Energie und Fläche, stellt daher eine Voraussetzung für eine nachhaltigere Entwicklung dar.

Eine wesentliche Vermittlerrolle kommt dabei Transportprozessen zu, die bestimmte Muster der Ressourcennutzung erst ermöglichen (indem sie Ressourcen dort verfügbar machen, wo sie benötigt werden). Zudem wachsen die Transportvolumina so schnell, dass der Verkehr mittlerweile zu den wichtigsten Faktoren hinter den beobachteten Zunahmen im Ressourceneinsatz zählt.

Der ökologische Fußabdruck (definiert als jene Fläche, welche für die Aufrechterhaltung des jährlichen sozio-ökonomischen Ressourcenverbrauchs, zur nachhaltigen Absorption von Abfall- und Schadstoffen und für Infrastruktur notwendig ist (Wackernagl et al. 1996)) ermöglicht eine zusammenfassende Abschätzung, in welchem Verhältnis die Ressourcennutzung global bzw. in einem bestimmten Land zur Regenerationsfähigkeit der Biosphäre bzw. der lokal vorhandenen Ökosysteme steht. Übersteigt der globale ökologische Fußabdruck die weltweit vorhandene Biokapazität, so kann davon ausgegangen werden, dass eine Übernutzung der weltweiten Ökosysteme vorliegt.

Abbildung 1 zeigt, dass die Menschheit, gemessen an ihrem ökologischen Fußabdruck, bereits seit mindestens 20 Jahren mehr Ressourcen verbraucht, als dies ökologischen Nachhaltigkeitskriterien entsprechen würde (Wackernagel et al. 2002).

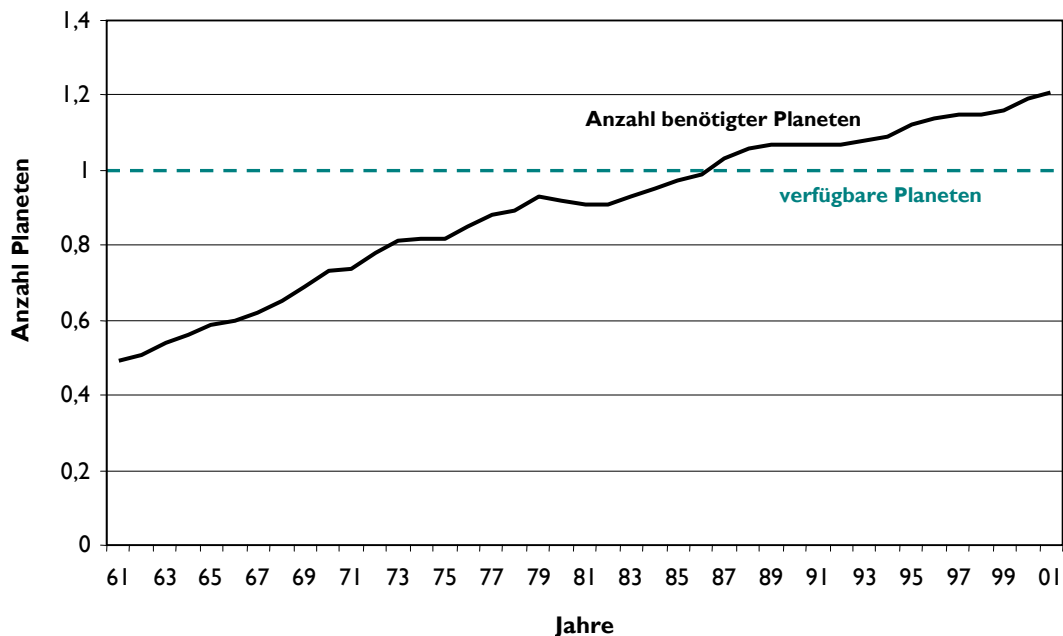


Abbildung 1: Entwicklung des ökologischen Fußabdrucks 1961-2001 im Vergleich zur Biokapazität der Erde (Planeten hier verstanden als Erde)
Datenquelle: WWF (2004)

Nach Berechnungen des Global Footprint Network im Auftrag des WWF (WWF 2004) übersteigt derzeit der Ressourcenkonsum der Menschheit die verfügbare Biokapazität um über 20 %. In anderen Worten, die Biosphäre würde etwa 1,2 Jahre benötigen, um die jährliche Inanspruchnahme der Regenerationsleistungen von Ökosystemen durch den Ressourcenverbrauch der Menschheit zu kompensieren. Sollte das industrielle Muster der Ressourcennutzung global verallgemeinert werden, so würde das eine weitere Vervielfachung des globalen Einsatzes an Ressourcen erfordern, der in einem noch viel größeren Ausmaß als heute die Regenerationsfähigkeit der Biosphäre überfordern würde.

Aus ökologischer Sicht muss es daher Ziel einer nachhaltigen Entwicklung sein, das Ausmaß der Ressourcennutzung in den Industrieländern zu senken, einerseits weil weltweit schon jetzt die Ressourcennutzung die Regenerationsfähigkeit der Biosphäre überfordert (vgl. Abbildung 1), andererseits um Biokapazität frei zu machen, um den armen Ländern Raum für ihre Entwicklung zu geben. Die Verminderung von Armut und Hunger und die Sicherung einer menschenwürdigen Existenz für alle sind wichtige Ziele einer nachhaltigen Entwicklung (United Nations 2005).

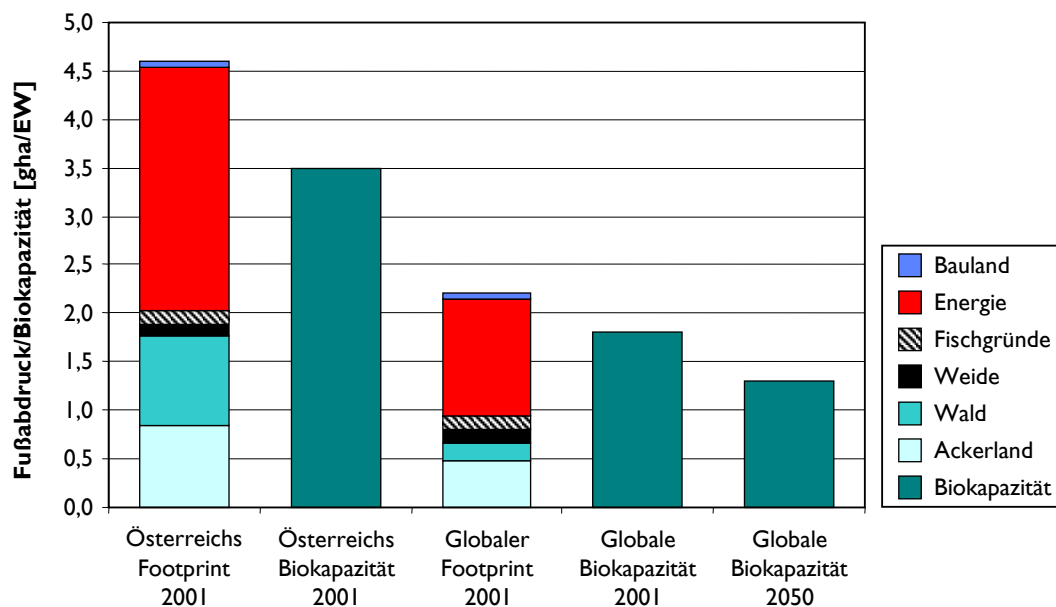


Abbildung 2: Österreichs ökologischer Fußabdruck und Biokapazität 2001 verglichen mit den globalen Werten sowie einer Prognose der globalen Biokapazität 2050

Datenquellen: WWF (2004); Lutz et al. (2004a)

Abbildung 2 deutet das Ausmaß der im Zuge eines Übergangs zur Nachhaltigkeit nötigen Verringerung der Ressourceninanspruchnahme an. Nach Daten des „Living Planet Report 2004“ (WWF 2004) hatte Österreichs ökologischer Fußabdruck im Jahr 2001 eine Größe von 4,6 globalen Hektar pro EinwohnerIn (gha/EW). Unter einem „globalen Hektar“ versteht man einen Hektar Erdoberfläche mit weltdurchschnittlicher Produktivität. Der österreichische Fußabdruck war 2001 um 1,1 gha/EW größer als die innerhalb Österreichs verfügbare Biokapazität.¹ Gemessen an der eigenen Landesfläche müsste Österreich daher seinen Ressourcenverbrauch um rund ein Viertel vermindern.

Bezieht man allerdings globale Gerechtigkeitskriterien in die Überlegung mit ein, stellt sich die Lage erheblich dramatischer dar. Österreichs Fußabdruck ist nämlich mehr als doppelt so groß wie der globale Durchschnitts-Fußabdruck von 2,2 gha/EW. Dieser wiederum war 2001 bereits um über 20 % größer als die vorhandene Biokapazität von 1,8 gha/EW. Berücksichtigt man das prognostizierte globale Bevölkerungswachstum – die Weltbevölkerung könnte dann rund 8,8 Milliarden Menschen umfassen (Lutz et al. 2004a) –, so werden im Jahr 2050 pro Kopf nur mehr etwa 1,3 gha/EW verfügbar sein. Geht man von einer Gleichverteilung der weltweiten Ressourceninanspruchnahme aus, so müsste Österreichs Ressourcenverbrauch bis 2050 um über 70 % gesenkt werden, bezogen auf die heutige Weltbevölkerung um rund 60 %. Auch wenn derartige Reduktionsziele utopisch erscheinen mögen und nur in einem politischen Aushandlungsprozess verbindlich festgelegt werden können, weisen diese Überlegungen doch auf die Dimension der Aufgabe hin, global gerechte und nachhaltige Muster der Ressourcennutzung herzustellen. Dies wird erhebliche Erfolge bei der Entkopplung von Wirtschaftswachstum, Lebensqualität und Ressourceneinsatz verlangen.

¹ Österreichs Fläche bietet rund 1 ha Land pro Einwohner, doch die Ökosysteme Österreichs sind erheblich produktiver als der Weltdurchschnitt. Standardisiert auf weltdurchschnittliche Erträge entspricht Österreichs Landesfläche einem Wert von 3,5 „globalen Hektar“, also Hektaren mit weltdurchschnittlichem Ertrag.

Es gibt verschiedene Modelle und Konzepte, mit Hilfe derer an das Thema Nachhaltigkeit herangegangen werden kann. Sozial-ökologische Konzepte nehmen dabei eine wesentliche Rolle ein. Im vorliegenden Beitrag werden das sozial-ökologische Konzept der Interaktion zwischen Gesellschaft und Natur und davon abgeleitete Indikatoren erläutert (Kapitel 2). Kapitel 3 zeigt auf Basis der beschriebenen Indikatoren die wichtigsten Trends im Bereich des österreichischen Ressourcenverbrauchs auf. Diskutiert werden bisherige Trends zur Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch.

2 Sozial-ökologische Konzepte

2.1 Entwicklungen in der Nachhaltigkeitsforschung

In den letzten Jahren kam man in der Nachhaltigkeitsforschung immer mehr zu der Übereinstimmung, dass Nachhaltigkeit als eine Problematik der Interaktionen zwischen Gesellschaft und Natur gesehen werden kann.

Kates et al. (2001) fordern ein neues Feld der Nachhaltigkeitswissenschaft, welches sich mit der Analyse des bedeutenden Charakters der Interaktionen zwischen Natur und der Gesellschaft beschäftigt. Die große Herausforderung dieses Konzeptes ist, dass die interdisziplinäre Mitarbeit von Wissenschaftlern verschiedener Disziplinen der Natur- und Sozialwissenschaften erforderlich ist. Die Betrachtung von Nachhaltigkeit als Problematik von Interaktionen zwischen Gesellschaft und Natur bietet eine neue Perspektive über die stark vereinfachte Idee hinaus, dass Nachhaltigkeit erzielt werden kann, indem man die Umwelt als zusätzliche dritte Dimension zu den klassischen politischen Zielen der Verbesserung der ökonomischen Leistungen und der sozialen Wohlfahrt berücksichtigt. Eine solche erweiterte Perspektive ist für die integrierte Analyse von Nachhaltigkeitsproblemen und folglich für die Suche nach Lösungen unentbehrlich.

Wenn Probleme der Nachhaltigkeit als Probleme der Interaktion von Gesellschaft und Natur interpretiert werden, dann erfordert das ein Beobachten von Gesellschaften, der Natur und ihrer Interaktionen über längere Zeit. Dabei stellen sich folgende wesentliche Fragen:

- Welche Veränderungen bewirken sozioökonomische Aktivitäten in natürlichen Systemen?
- Welche der sozioökonomischen Kräfte bewirken diese Veränderungen, und was können wir tun, um diese zu ändern?
- Wie beeinflussen Veränderungen des natürlichen Systems im Gegenzug wiederum die Gesellschaft?
- Wie, wenn überhaupt, kann eine Gesellschaft mit den Veränderungen, die sie in Bewegung gesetzt hat, umgehen? (Haberl et al. 2004a)

Natürliche Systeme unterliegen permanent natürlichen Veränderungen. Temperatur, Niederschlag, Seehöhe, Zusammensetzung der Atmosphäre und Biodiversität verändern sich dramatisch sowohl durch endogene (z. B. geologische oder biotische Prozesse) wie auch durch exogene (z. B. Meteoriten) Phänomene (Schellnhuber 1999, Schlesinger 1997). Somit gelten natürliche Systeme als selbst-organisierte dynamische Systeme, welche sich für gewisse Zeitperioden in einem Gleichgewicht befinden, aber auch sehr schnelle Übergänge zwischen verschiedenen Gleichgewichten vollziehen können (Holling 1986, Scheffer et al. 2001). In diesem Zusammenhang ist es wohl nicht argumentierbar, dass Nachhaltigkeit gleichgesetzt werden muss mit der Erhaltung von Gleichgewicht im natürlichen System über lange Zeitperioden.

Wenn Nachhaltigkeit nicht mit Gleichgewicht erreichbar scheint, was könnte dann Nachhaltigkeit bedeuten? Nachhaltigkeit wurde damit definiert, den Anforderungen der gegenwärtigen Generation gerecht zu werden ohne dabei die Möglichkeiten der kommenden Generationen und deren Ansprüche zu gefährden (WCED 1987). Eine gerechtere Verteilung von Ressourcen zwischen Regionen und zwischen Nationen wird oftmals als einer der Eckpfeiler der Nachhaltigkeit erachtet (UNEP 2002).

Wenn wir als Nachhaltigkeitskriterium annehmen, dass Gesellschaften, um nachhaltig zu sein, „innerhalb der regenerativen Kapazität der Biosphäre“ (Wackernagel et al. 2002) leben sollten, dann scheint es offensichtlich, dass ein Übergang in Richtung Nachhaltigkeit nicht nur geringfügige Änderungen der gegenwärtigen Tendenzen erfordert, sondern eine radikale Neuausrichtung unserer heutigen Entwicklungen. Sogar in der heutigen Situation, in der nur etwa ein Drittel oder möglicherweise auch nur ein Viertel der Menschen in relativem Wohlstand leben, verbraucht die menschliche Gesellschaft bereits mehr Ressourcen, als die Biosphäre regenerieren kann. Das erwartete Wachstum des Energie- und Lebensmittelverbrauchs wird sich durch den von den Menschen in Anspruch genommenen Anteil des Ressourcenkonsums entsprechend erhöhen.

Zusätzlich kann das erwartete Wachstum der Weltbevölkerung, wahrscheinlich in Kombination mit einer an tierischem Protein reicheren Ernährung und einem erhöhten Verbrauch von Biomasse für Energiebereitstellung, zu einem beträchtlichen Anstieg des Gebrauchs von Biomasse durch menschlichen Konsum führen. Die Weltbevölkerung könnte im Jahr 2030 bei rund 8 Milliarden und 2050 zwischen 9 und 11 Milliarden liegen (Lutz et al. 2004b). Klarerweise würde die Realität solcher Szenarien zu einem erheblichen Druck auf die Ökosysteme führen.

2.2 Das Konzept der Interaktion von Gesellschaft und Natur

Nachhaltigkeit ist ein Attribut des „Sozial-ökologischen Systems“. Sozial-ökologische Systeme entstehen sobald es zu einer Interaktion der Gesellschaft mit der natürlichen Umwelt kommt. Sozial-ökologische Systeme wurden auch schon definiert als Ökosysteme, die explizit Menschen, oder spezifischer ausgedrückt, das soziale System inkludieren (Berkes und Folke 1998, 9). Diese Formulierung könnte missinterpretiert werden, denn auch wenn Gesellschaft als ein Subsystem des Ökosystems in einem biophysischen Sinne verstanden werden kann, ist Gesellschaft natürlich auch durch wesentliche Merkmale wie Kultur und Kommunikation, die keineswegs Teil der biophysischen Muster und Prozesse sind, charakterisiert (Fischer-Kowalski und Weisz 1999).

Es scheint daher nützlich, Gesellschaft als Hybrid der Kultur, Verständigung, Kommunikation und der natürlichen Umwelt zu verstehen. In unserem Verständnis beinhaltet die Gesellschaft ein kulturelles Teilsystem, das ein System wiederkehrender Kommunikation und materieller Komponenten ist. Zu letzteren zählen die menschliche Bevölkerung ebenso wie physische Infrastrukturen, wie zum Beispiel Gebäude und auch das Nutzvieh. Ein solches System kann in seinem vollen Umfang als „biophysische Struktur der Gesellschaft“ bezeichnet werden (Weisz et al. 2001, 121).

Sozial-ökologische Systeme können somit definiert werden als Kombination der „natürlichen“ oder „biophysischen“ Sphäre, gesteuert von natürlichen Gesetzen und der „kulturellen“ oder „symbolischen“ Sphäre, wiedergegeben durch menschliche Kommunikation. Der Bereich, wo diese beiden Sphären überlappen, kann als „biophysische Struktur der Gesellschaft“ bezeichnet werden (Abbildung 3). Entsprechend diesem Konzept bezieht sich Nachhaltigkeit auf den Interaktionsprozess zwischen Natur und Kultur, der nur indirekt über die biophysischen Strukturen der Gesellschaft stattfinden kann.

Akzeptiert man erst die Grundidee dieser Interaktion von Gesellschaft und Natur und ihre Funktionsweise, scheint es eine sinnvolle Forschungsstrategie zu sein, Material- und Energieflüsse zwischen Gesellschaften und der Natur zu analysieren. In ihrer Gesamtheit können diese Flüsse als „Sozio-ökonomischer Metabolismus“ bezeichnet werden (Adriaanse et al. 1997; Ayres und Simonis 1994; Fischer-Kowalski et al. 1997; Fischer-Kowalski und Haberl 1997; Matthews et al. 2000). Dieser Me-

tabolismusansatz betrachtet die Gesellschaft als ein physisches Input-Output System (Abbildung 4), welches Material und Energie aus der Natur bezieht, interne physische Prozesse aufrecht erhält und schlussendlich Abfälle, Emissionen und minderwertige Energie an die Umwelt wieder abgibt. Zentrale Idee des Metabolismusansatzes ist es, Gesellschaft so in ihrer Organisation von Material- und Energieflüssen zu erfassen. Derartiges Engagement der Gesellschaft in biophysischen Prozessen dient nicht ausschließlich dazu, ihre eigene biologische Existenz zu sichern, sondern auch um einen gewissen Viehbestand und Artefakte wie Gebäude, Infrastruktur, Maschinen und so weiter aufzubauen.

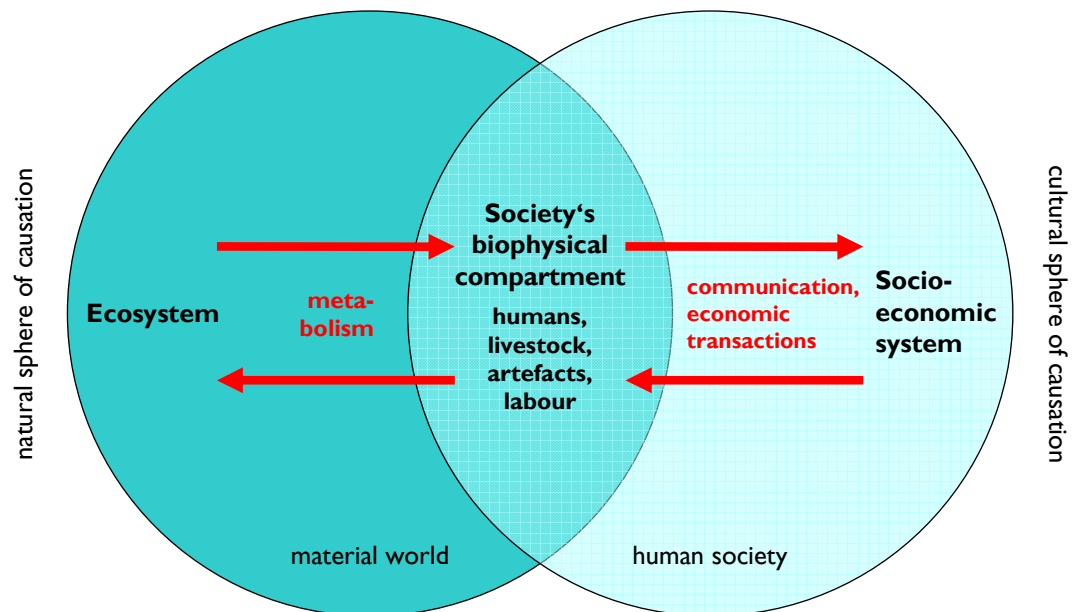


Abbildung 3: Interaktion von Gesellschaft und Natur

Quelle: Fischer-Kowalski und Weisz (1999)

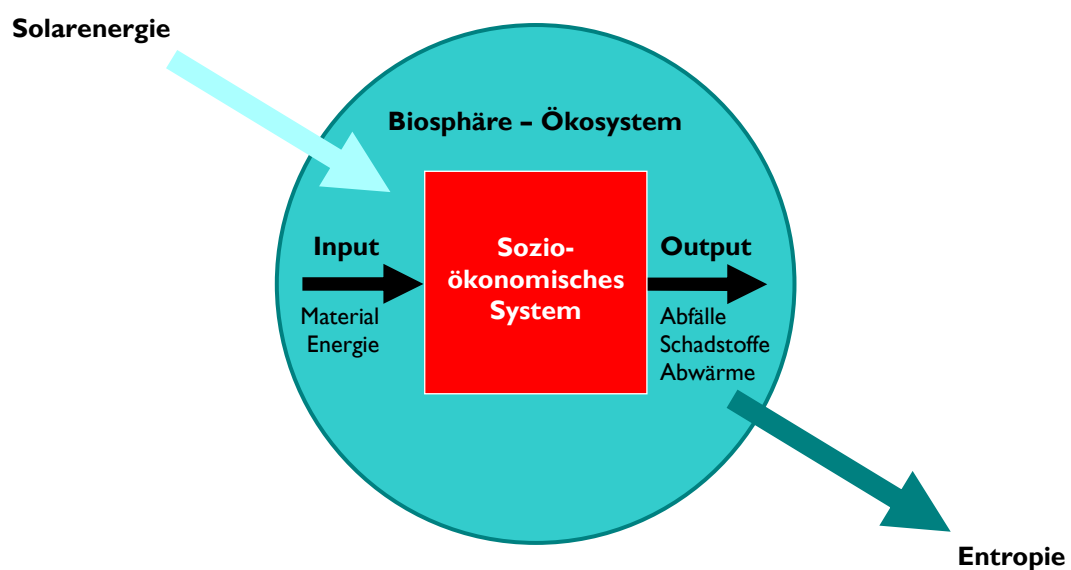


Abbildung 4: Konzept des sozioökonomischen Metabolismus

Für eine nachhaltige Entwicklung scheinen diese physischen Aspekte einer Gesellschaft von hoher Bedeutung zu sein. Die Analyse des sozioökonomischen Metabolismus hat einen hohen Vorteil gegenüber dem weit verbreiteten Konzept der Ökologen, menschlich verursachte Störungen des Ökosystems zu analysieren, weil sie erlaubt, Interaktion von Gesellschaft und Natur als historischen Prozess der Interaktion zweier hoch komplexer Systeme zu verstehen. Dieser Ansatz eröffnet daher einen geeigneten Startpunkt interdisziplinärer Kooperationen von Naturwissenschaftlern und Sozialwissenschaftlern in der Nachhaltigkeitsforschung (Fischer-Kowalski et al. 1997).

Die Analyse von Material- und Energieflüssen in Relation zu ökonomischen Aktivitäten kann Interaktionen von Gesellschaft und Natur nicht in ihrer vollen Gesamtheit erfassen. Ein wichtiger Aspekt, der mit dem Metabolismusansatz nicht angemessen erfasst werden kann, ist die Landnutzung – einer der wesentlichsten sozioökonomischen Eingriffe in die Natur (Meyer und Turner 1994; Vitousek et al. 1986). Landnutzung kann verstanden werden als „Kolonisierung terrestrischer Ökosysteme“ (Fischer-Kowalski und Haberl 1998; Haberl et al. 2004a; Krausmann et al. 2003). Ein Ansatz der empirischen Analyse der Intensität von Kolonisierungsinterventionen ist, die Struktur von Ökosystemen und die heute beobachtbaren Prozesse in diesen Ökosystemstrukturen mit jenen Prozessen in diesem Ökosystem zu vergleichen, die ohne jegliche Intervention der Menschen zu erwarten gewesen wären.

Der Begriff des „MEFA Rahmens“ wurde mehrfach (Haberl et al. 2004a; Krausmann et al. 2004) als integrierter konsistenter Analyserahmen vorgeschlagen, welcher Daten über den sozioökonomischen Metabolismus und die Kolonisierung natürlicher Prozesse vereint. Dieser MEFA Analyserahmen besteht im Wesentlichen aus drei Teilen

1. Materialflussanalyse (z. B. Eurostat 2001; Eurostat 2002; Matthews et al. 2000)
2. Energieflussanalyse (Haberl 2001a, Haberl 2001b, Krausmann und Haberl 2002)
3. Menschliche Aneignung von Netto Primärproduktion (HANPP), deren Konzept schon vor 20 Jahren (Vitousek et al. 1986) dahingehend weiter entwickelt wurde, dass sie mit der Materialflussanalyse und der Energieflussanalyse konsistent ist (Haberl et al. 2001).

Das MEFA Konzept ist nützlich, um zu analysieren, inwiefern die Gesellschaft von den folgenden drei Kernfunktionen des Ökosystems abhängig ist bzw. diese nutzt (Dunlap und Catton 2002):

- „*Ressourcenangebot*“: Land dient als Quelle von Inputs für den sozioökonomischen Metabolismus. Es liefert erneuerbare Ressourcen wie Luft, Wasser, Biomasse und nicht-erneuerbare Ressourcen wie fossile Energieträger und Mineralien. Eine Übernutzung dieser Ressourcen könnte in eine Degradierung erneuerbarer oder in eine Ausbeutung nicht-erneuerbarer Ressourcen münden.
- „*Umgang mit Abfällen*“: Die Biosphäre absorbiert sozioökonomische Outputs wie Abfälle und Emissionen. Im Unterschied zu Emissionen, benötigt die Absorption von Abfällen und Verunreinigungen große Flächen.
- „*Eingenommener Raum für menschliche Infrastruktur*“: Menschen beanspruchen Fläche für Infrastrukturen, wie etwa für die Bereiche Transport, Wohnen, Arbeiten, Erziehung und weitere kulturell wichtige menschliche Aktivitäten.

In wie weit Ökosysteme diese Funktionen erfüllen können, hängt zu einem großen Teil von ihrer Produktivität ab. Es scheint offensichtlich, dass Landwirtschaft und Forstwirtschaft zu einem hohen Maß von der Nettoprimärproduktion von Agro-Ökosystemen abhängig sind. Agro-Ökosysteme stellen eine Kombination von natürlichen Gegebenheiten und menschlichen Eingriffen der Gegenwart und der Vergangenheit dar. Auch der Raum, der für menschliche Infrastruktur genutzt wird, hängt deutlich von der Produktivität eines Ökosystems ab, denn nur wenige menschliche Siedlungen findet man in unproduktiven Gebieten, da Menschen vorwiegend in Gegenden leben, wo die Umweltkonditionen wie Klima und Wasserverfügbarkeit menschliche Aktivitäten begünstigen. Diese Gebiete sind typischerweise Gegenden mit hoher Produktivität.

Auf Basis der beschriebenen sozial-ökologischen Konzepte Material- und Energieflussanalyse und den daraus ableitbaren Nachhaltigkeitsindikatoren wurde im Rahmen der österreichischen Nachhaltigkeitsstrategie eine Studie bearbeitet, die „nicht-nachhaltige“ Trends in Österreich in den letzten Jahrzehnten aufzeigen soll. Der Auftrag, ein solches Positionspapier zu erstellen, wurde in Kooperation des Forum Nachhaltiges Österreich, Ökosoziales Forum und BMLFUW erteilt. Die Ergebnisse dieser Analyse sind Basis der Ausführungen im folgenden Kapitel 3 Ressourcenverbrauch.

3 Ressourcenverbrauch

Wie die in der Einleitung (Kapitel 1) aufgezählten Nachhaltigkeitsprobleme gezeigt haben, ist eine Verringerung des Ressourceneinsatzes in Österreich Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung. So wird etwa auch in der österreichischen (Österreichische Bundesregierung 2002) wie auch in der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (Die Bundesregierung 2004) die Notwendigkeit einer Senkung des Ressourceneinsatzes in absoluten Zahlen betont. Das 6. Umweltaktionsprogramm der EU für die Jahre 2002-2012, das auf der beim Göteborg-Rat im Jahr 2001 beschlossenen und 2004 revidierten Nachhaltigkeitsstrategie beruht (European Commission 2003), definiert den nachhaltigen Umgang mit Ressourcen als eines von sechs prioritären Politikfeldern. Eine Kommunikation der Kommission zu diesem Thema wurde vor zwei Jahren publiziert (European Commission 2003), eine diesbezügliche thematische Strategie ist aktuell in der Schlussphase der Ausarbeitung. Der Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch wird in diesen Papieren eine wichtige Bedeutung beigemessen.

Die Definition von Reduktionszielen für einzelne Ressourcenströme auf Basis von allgemeinen Nachhaltigkeitsdefinitionen und -kriterien, wie etwa dem Brundtlandbericht (World Commission on Environment and Development 1987), wurde immer wieder versucht (vgl. Kosz 1994; Spangenberg 1995; Weterings und Opschoor 1992). Ein Problem dieser Ansätze besteht darin, dass diese Ziele erst durch politische Übereinkunft Gültigkeit erlangen, ein anderes, dass es oft leicht ist, den Einsatz einzelner Stoffe oder Materialien zu reduzieren, indem diese durch andere ersetzt werden, was häufig nur zu Problemverschiebungen statt zu einem echten Fortschritt in Richtung Nachhaltigkeit führt. In den vergangenen Jahren wurden daher Methoden entwickelt, die vor allem auf den Gesamtdurchsatz einer Volkswirtschaft an Material und Energie abzielen (Eurostat 2001, Eurostat 2002; Haberl 2001a; Haberl 2001b; Weisz et al. 2006). Diese Methoden der Materialflussanalyse (MFA) und Energieflussanalyse (EFA) erlauben es, die gesamten Ressourcenflüsse in einer Volkswirtschaft in aggregierter Form darzustellen und zusammenzufassen. Sie stellen wichtige Indikatoren für eine Betrachtung von Nachhaltigkeitstrends auf einer hohen Aggregationsebene dar (Haberl et al. 2004a).

Diesen Indikatoren ist gemeinsam, dass der Ressourceneinsatz entlang physikalischer Maßeinheiten (Tonnen Material, Joule Energie) aggregiert wird, ohne dabei qualitative Unterschiede der eingesetzten Materialien oder Energieformen in Betracht zu ziehen. Dem offensichtlichen Nachteil, dass durch Vernachlässigung dieser (wichtigen) qualitativen Dimension ein Informationsverlust entsteht, steht der große Vorteil gegenüber, dass diese Methoden es erlauben, Ergebnisse zu liefern, die unabhängig von wechselnden Experteneinschätzungen z. B. über die relative Schädlichkeit verschiedener Substanzen oder die Priorität unterschiedlicher Umweltprobleme Bestand haben (vgl. Daniels und Moore 2001, Daniels 2002). Sie erlauben daher nicht nur stabile Zeitreihenanalysen, sondern auch Ländervergleiche.

Material- und Energieflussanalysen bilden ein Äquivalent zur Messung der Produktionsleistung einer Volkswirtschaft in Geldeinheiten in Form der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR).

Sie zeichnen ein Bild der „physischen Ökonomie“, des aggregierten Ressourcendurchsatzes in physikalischen Einheiten. Selbst wenn akkordierte Reduktionsziele in diesem Bereich (noch) nicht vorliegen, ist eine Analyse der Trends anhand dieser Indikatoren aussagekräftig, da sie Tendenzangaben erlauben. Die hier verwendeten Indikatoren sind übrigens nicht als Ersatz für die detaillierte Befassung mit Ressourcenströmen auf Ebene einzelner Substanzen oder Umweltprobleme zu verstehen, sondern sollen ergänzend zu derartigen „bottom-up“-Analysen eine „top-down“-Perspektive eröffnen, die strategische Richtungsentscheidungen erlaubt.

Nicht inkludiert wurde der Bereich Wassernutzung. Nach Angaben im Gewässerschutzbericht (BMLFUW 2004) sinkt der Wasserverbrauch sowohl im Bereich Haushalte als auch im Bereich Industrie. Nach telefonischer Auskunft des BMLFUW (Dipl.-Ing. Heinz Tomek, 10.9.2005) dürfte die Reduktion des Wasserverbrauchs im Bereich Industrie sowohl auf reale Rückgänge, als auch auf eine ab 2002 veränderte Erhebungsmethode zurückzuführen sein. Es wird erwartet, dass durch die Wasserrahmenrichtlinie die Wasserpreise steigen könnten, da die Wasserrahmenrichtlinie subventionierte Preise verbietet. Die Gewässerqualität hat sich nach den Daten im Gewässerschutzbericht tendenziell verbessert. Lediglich im Bereich Nitrat konnte nach Rückgängen in den 1990er Jahren keine weitere Verbesserung mehr beobachtet werden. Unsere Recherchen haben also zusammenfassend ergeben, dass der Bereich Wasserverbrauch/Gewässerschutz in Österreich (im Unterschied zu weniger wasserreichen Regionen) nicht so vordringlich sein dürfte wie die anderen hier diskutierten Probleme.

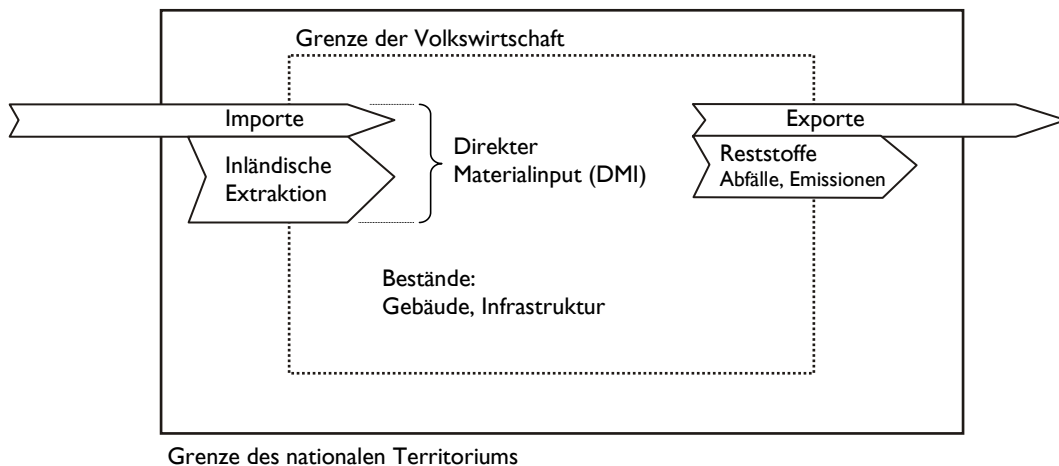
3.1 Materialeinsatz

Die Materialflussanalyse (MFA) erlaubt die Berechnung verschiedener Indikatoren zur Beschreibung der physischen Ökonomie. Hauptkomponenten der MFA werden in Abbildung 5 zusammenfassend dargestellt. Diese Flüsse werden inzwischen in zahlreichen Ländern und vor allem in der EU insgesamt in der amtlichen Statistik regelmäßig erfasst (Schandl et al. 2000, Pedersen 2002, Mäenpää und Juutinen 2001, Muukkonen 2000, German Federal Statistical Office 2000, Barbiero et al. 2003, Isacson et al. 2000, DETR/ONS/WI 2001). Die G8-Gruppe hat vor kurzem die Implementierung der Materialflussrechnung für alle OECD-Länder empfohlen (OECD 2004). Für die EU-15 liegt eine durch das Institut für Soziale Ökologie für Eurostat erstellte Materialflussanalyse 1970-2001 vor (Weisz et al. 2006).

Die *inländische Extraktion* umfasst die jährliche Entnahme von Rohstoffen (ausgenommen Wasser und Luft) auf dem Territorium eines Nationalstaates, die wirtschaftlich genutzt wird. Die *physische Handelsbilanz* (PTB) umfasst Importe und Exporte von Rohstoffen und Gütern, gemessen in Tonnen. PTB ist definiert als Importe minus Exporte. Der *inländische Materialkonsum* (DMC) umfasst die inländische Extraktion plus Import minus Export. Es ist wichtig, darauf hinzuweisen, dass es sich dabei um den aggregierten nationalen Verbrauch („apparent consumption“) handelt, nicht um den Endkonsum; der DMC entspricht damit konzeptuell dem Indikator „Total Primary Energy Supply“ (TPES) bzw. „Gesamtenergieverbrauch“ einer Energiebilanz (Haberl 2001a). Der DMC ist ein „physisches Äquivalent“ zum Bruttoinlandsprodukt (BIP; vgl. Eurostat 2001). Wiewohl auch die anderen Indikatoren für eine Analyse der Muster im Ressourceneinsatz eines Landes relevant sind, konzentrieren wir uns hier daher auf den DMC, weil er für eine Analyse von Entkopplungstendenzen besonders gut geeignet ist.

Abbildung 6 zeigt die Entwicklung des österreichischen Materialkonsums, getrennt nach den Komponenten Biomasse, Baumaterialien, Industriemineralien und fossile Energieträger. Der Materialkonsum stieg insgesamt zwischen 1970 und 2001 um 34 % auf rund 145 Mio. Tonnen. Die höchsten Steigerungsraten sind beim Konsum von Baumaterialien zu verzeichnen, dieser nahm seit 1970 um 64 % zu. Der Konsum von Biomasse stieg im gleichen Zeitraum vergleichsweise weniger stark

um 7 %. Spitzen beim Materialkonsum sind im Jahr 1994 und 1997 mit rund 154 Mio. Tonnen zu verzeichnen, wobei diese Konsumspitzen ausschließlich auf den Anstieg des Konsums von Baumaterialien zurückzuführen sind. Aus der in Abbildung 6 dargestellten Trendentwicklung wird deutlich, dass der österreichische Materialkonsum insgesamt steigt und primär durch den Konsum von Baumaterialien bestimmt ist. Ob die Sättigungstendenzen in den letzten Jahren der Zeitreihe von Dauer sein werden, kann bei der gegebenen Datenlage nicht entschieden werden.



Indikatoren:

$\text{DMI} - \text{Exporte} = \text{Inländischer Materialkonsum}$ (DMC für „domestic material consumption“)

$\text{Importe} - \text{Exporte} = \text{Physische Handelsbilanz}$ (PTB für „physical trade balance“)

Der **Zuwachs der Bestände** wird als NAS („net additions to stock“) bezeichnet

Die **Summe der Abgabe von Reststoffen** an die Umwelt wird als DPO (domestic processed output) bezeichnet.

Abbildung 5: Wichtige Bestandteile einer Materialflussanalyse und davon abgeleitete Indikatoren
Datenquelle: Eurostat (2001)

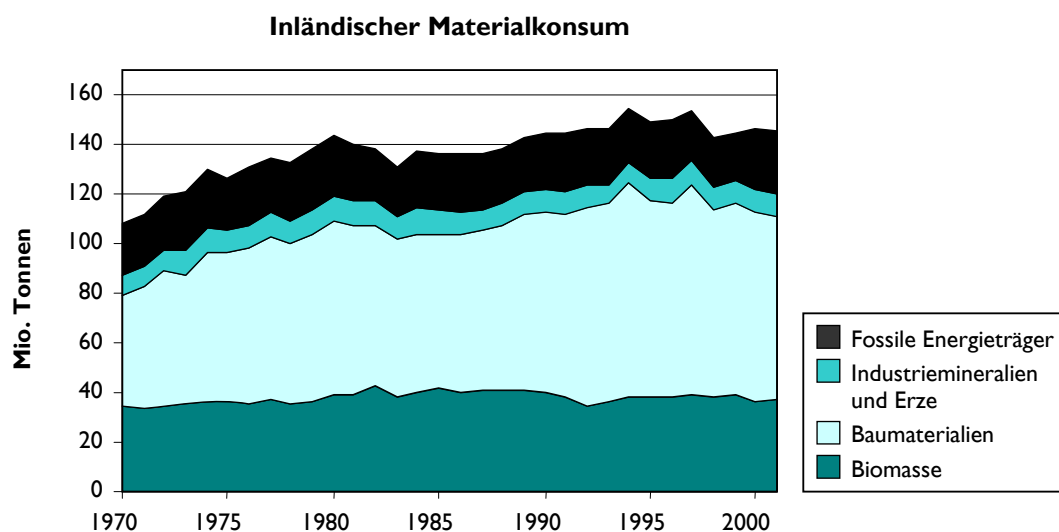


Abbildung 6: Inländischer Materialkonsum in Österreich 1970-2001
Datenquelle: Weisz et al. (2006)

Nachhaltigkeitsprobleme erzeugt der Materialkonsum sowohl auf der Inputseite, wie auch auf der Outputseite: Auf der Inputseite sind sowohl Probleme der Erschöpfbarkeit (bei nicht-erneuerbaren Ressourcen), als auch Probleme der mit der Ressourcengewinnung verbundenen Umwelteingriffe (bei erneuerbaren Ressourcen, z. B. Flächenkonkurrenz zwischen Landwirtschaft und Naturschutz) zu konstatieren. Im Hinblick auf die Outputseite ist zu bedenken, dass Materialinput mit mehr oder weniger großer Verzögerung zu Abfällen oder Emissionen führt, d. h. der Materialinput einer Volkswirtschaft kann als „Abfall/Emissionspotenzial“ verstanden werden (Weisz et al. 2005).

3.2 Energieeinsatz

Die sogenannte Energieflussanalyse (EFA) erlaubt eine zu den Systemgrenzen der MFA kompatible Darstellung der volkswirtschaftlichen Energieflüsse. Wie klassische Energiebilanzen ist die EFA in Energieeinheiten (Joule) angegeben, sie unterscheidet sich von herkömmlichen Energiebilanzen aber dadurch, dass die EFA den gesamten Durchsatz einer Volkswirtschaft an Biomasse enthält, inklusive jener Biomasse die für menschliche Ernährung, als Futter für Nutztiere oder für sonstige Zwecke (auch „nichtenergetisch“, z. B.: als Baumaterial oder Papier) eingesetzt wird (Haberl 2001a). Eine EFA führt konzeptuell zu den gleichen Indikatoren wie eine MFA (siehe Abbildung 5); wir konzentrieren uns daher auf das DMC-Äquivalent *inländischer Energieeinsatz* (Domestic Energy Consumption, DEC).

Die Einbeziehung der Biomasse ist aus mehreren Gründen wichtig. Erstens ist der Einsatz von Biomasse ebenfalls mit möglichen Umwelt- und Nachhaltigkeitsproblemen behaftet. So sind für die Gewinnung relevanter Mengen an Biomasse entsprechende Flächen in Form von Ackerland, Grünland oder forstwirtschaftlich genutzten Wäldern nötig. Diese Flächen sind weltweit nur begrenzt verfügbar (Sanderson et al. 2002), sodass eine Nutzung von Biomasse zwar zeitlich unbegrenzt möglich ist (solange die Flächen nachhaltig bewirtschaftet werden), Biomasse aber nur in begrenzter Menge nachhaltig produziert werden kann (Haberl und Geissler 2000). Umfangreiche Szenarioanalysen für Österreich zeigen, dass relativ enge Grenzen für die Ausweitung der Biomassenutzung zur Substitution fossiler Energieträger bestehen. Ohne massive Umstellungen im Ernährungssystem (starke Ausweitung von Lebensmittelimporten oder weitgehende Umstellung auf vegetarische Ernährung) können auf der Fläche Österreichs nicht mehr als ca. 200-220 PJ (= 10^{15} Joule) Primärenergie pro Jahr für technische Nutzung (Biomasseverbrennung) gewonnen werden. Diese würde, wenn keine Veränderung im Energieverbrauch gegenüber der WIFO-Energieprognose unterstellt wird, lediglich eine Ausweitung des Anteils der Biomasse am technischen Primärenergieeinsatz in Österreich von etwa 11 % im Jahr 2000 auf etwa 15 % im Jahr 2020 erlauben (Haberl et al. 2003).

Zweitens mehren sich die Hinweise darauf, dass der Energieentzug aus Ökosystemen, der mit der Nutzung von Biomasse verbunden ist, ursächlich mit dem Verlust an Artenvielfalt verbunden ist. Mehrere neue empirische Arbeiten zeigen, dass die Artenvielfalt sehr stark mit der im Ökosystem verbleibenden Menge an Energie, die in Nahrungsketten und Nahrungsnetze eingeht, korreliert ist (Haberl et al. 2004b, Haberl et al. 2005). Drittens ist die Verbrennung von Biomasse nur dann als CO₂-neutral einzustufen, wenn die gegenwärtigen Muster von Landnutzung und Landbedeckung als gegeben angesehen werden. Landnutzungsänderungen im großen Maßstab zur Steigerung der Biomassegewinnung können zu einer erheblichen CO₂-Freisetzung führen und würden damit auch die erhoffte Einsparung an Treibhausgasemissionen durch Verringerung des Fossilenenergieeinsatzes in Frage stellen (Haberl et al. 2003, Haberl und Erb 2006).

Die in einer EFA erfassten Energieflüsse sind typischerweise für etwa 95-97 % des ökologischen Fußabdrucks eines Landes verantwortlich (vgl. Abbildung 2 und Abbildung 7), nur dass sie in einer EFA in Energieeinheiten (Joule) aggregiert werden, in einer Fußabdruckberechnung hingegen in Flächeneinheiten (Hektar).

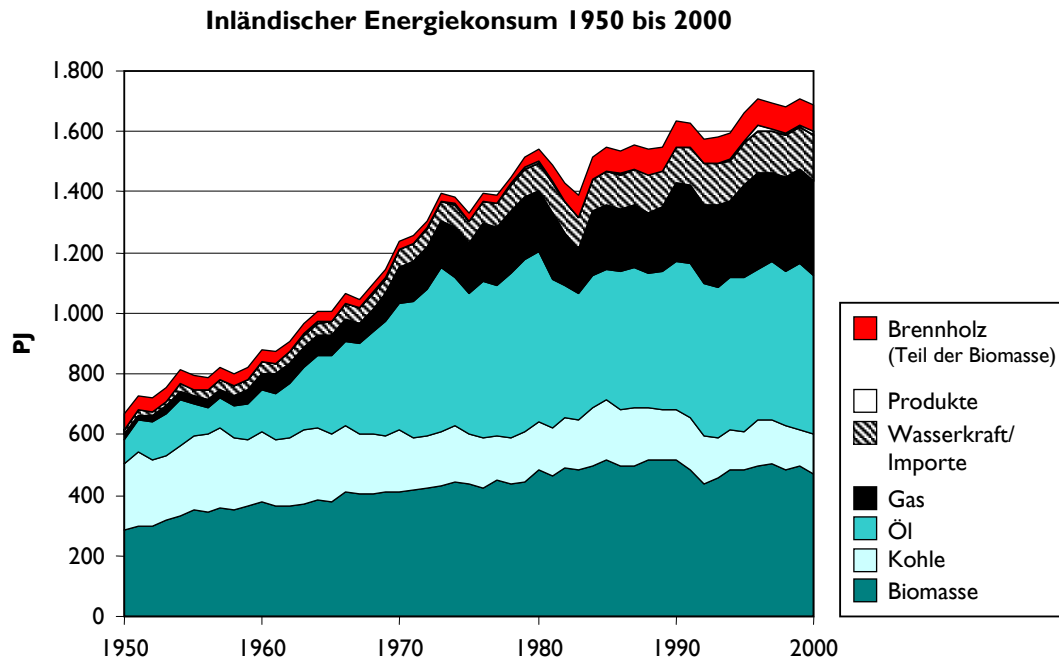


Abbildung 7: Inländischer Energiekonsum in Österreich 1950-2000

Datenquelle: Krausmann et al. (2004)

Mit dem Energieeinsatz sind qualitativ unterschiedliche Nachhaltigkeitsprobleme unmittelbar verknüpft: Biomassenutzung kann zwar grundsätzlich in nachhaltiger Weise erfolgen, aus den Zielen des Erhalts der Biodiversität, aus Klimaschutzgründen sowie letztlich aus Gründen der Begrenztheit der Biomasseproduktion in Ökosystemen (die durch die Produktivität der grünen Pflanzen limitiert ist) sind dabei jedoch mengenmäßige Grenzen zu beachten, jenseits derer nicht von einer nachhaltigen Nutzung gesprochen werden kann, auch wenn diese Grenzen derzeit noch nicht exakt bestimmbar sind (Haberl und Erb 2006).

Bei der Fossilenergie stellt sich einerseits auf der Inputseite das Problem der Begrenztheit der Fossilenergielagerstätten, andererseits auf der Outputseite das Problem der Treibhausgasemissionen (die zu einem überwiegenden Teil bei der Fossilenergieverbrennung entstehen). Die globale Ölförderung dürfte selbst bei optimistischen Annahmen über die Ölreserven noch vor dem Jahr 2037 ihren Höhepunkt erreichen (Hallock et al. 2004); Pessimisten gehen hingegen davon aus, dass „Peak Oil“ (d. h. das Ölfördermaximum) noch wesentlich früher erreicht werden wird bzw. die Welt möglicherweise bereits an diesem Punkt angelangt ist (Schindler und Zittel 2004). Was die Outputseite betrifft, so ist die Notwendigkeit einer Reduktion der globalen Treibhausgasemissionen mittlerweile im Kyoto-Protokoll festgelegt und eines der prioritären Ziele der Nachhaltigkeitspolitik.

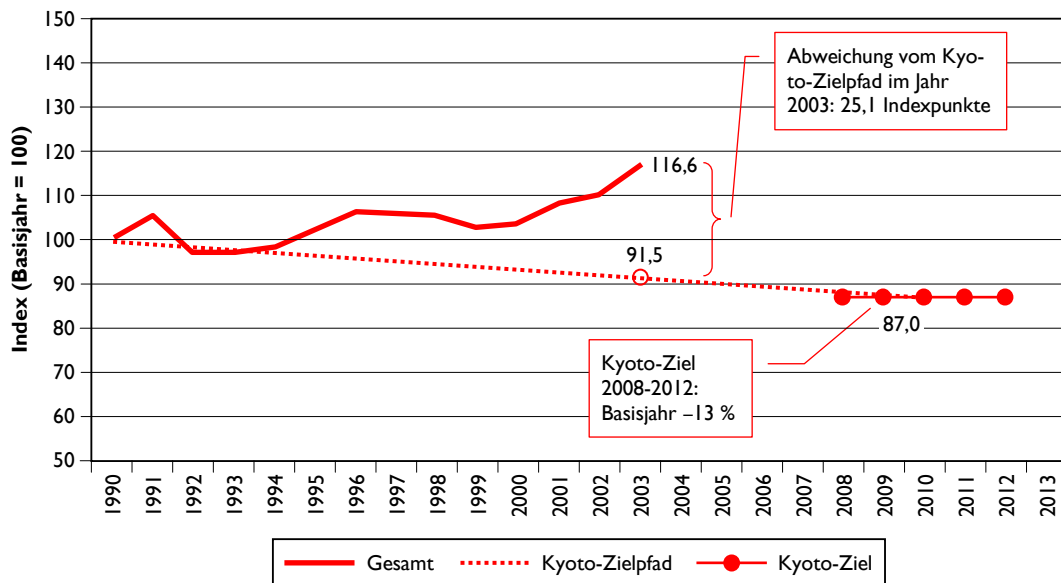


Abbildung 8: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Österreich 1990-2003
im Vergleich zum Kyoto-Ziel
Datenquelle: Anderl et al. (2005)

Die höchsten Steigerungen verzeichnete der Sektor Verkehr, dessen Treibhausgasemissionen von 1990-2003 um 82 % (+ 10,4 Mio. t CO₂-Äquivalent) zunahmen. Im Energieversorgungssektor, d. h. hauptsächlich der Stromproduktion, nahmen die Emissionen um 19 % (+ 2,6 Mio. t) zu, in der Industrie um 9 % (+ 2,1 Mio. t). Kaum Veränderungen gab es hingegen im Bereich Kleinverbraucher, die Emissionen der Landwirtschaft und der sonstigen Emittenten gingen sogar zurück.

Zu beachten ist dabei freilich, dass die Emissionen der Energie- insbesondere der Stromproduktion letztlich dazu dienen, den Endenergieeinsatz in anderen Sektoren abzudecken. Würde man diese Vorleistungsemissionen der Industrie, den Kleinverbrauchern (inkl. Haushalte) und den sonstigen Verbrauchern zurechnen, so würden sich für diese andere Trends ergeben. Insbesondere wäre bei den Kleinverbrauchern eine signifikante Zunahme der Emissionen zu erwarten. Der Zuwachs der Industrie wäre deutlich höher, als dies in den oben zitierten Zahlen erkennbar ist. Jedenfalls unterstreichen diese Zahlen (wie auch andere Untersuchungen, etwa die WIFO-Energieprognose: Kratena und Schleicher 2001), dass die Maßnahmen im Bereich Gebäude/Raumwärme immerhin eine Stabilisierung wenn nicht sogar eine leichte Abnahme von Energieeinsatz und Emissionen erwarten lassen, während in den Bereichen Stromproduktion/-verbrauch und Verkehr die gegenwärtigen Maßnahmen unzureichend sind.

3.3 Inanspruchnahme von Flächen innerhalb und außerhalb Österreichs

Auf einer allgemeinen Ebene betrachtet, erfüllt Landnutzung vor allem drei gesellschaftliche Funktionen: (1) Produktion von Ressourcen, vor allem Biomasse, in Form von Land- und Forstwirtschaft, (2) Raum für Gebäude und Infrastruktur, also für Transport-, Produktions-, Konsum- und Erholungsaktivitäten und (3) Absorption bzw. Unschädlichmachung von Abfällen und Emissionen (Dunlap und Catton 2002, Haberl et al. 2004c). Veränderungen im Ressourcendurchsatz und in den Produktionsmustern sind daher mit Landnutzungsänderungen verbunden. Ein weiterer wesentlicher Faktor, der die Landnutzung beeinflusst, ist die Veränderung agrarischer Technologie. Besondere Bedeutung hatte dabei in den letzten 50 Jahren die Industrialisierung der österreichischen Landwirtschaft, die zu einem großen Teil in nur zwei Jahrzehnten vor sich ging, nämlich von 1950-1970. Ein wesentlicher Prozess, der nun schon viele Jahrzehnte andauert, ist die immer stärkere Loslösung der Ressourcennutzung von der lokalen Produktion – auch diesen Prozess werden wir hier nachzeichnen.

Die wesentlichsten Trends zur Landnutzung innerhalb Österreichs sind in Abbildung 9 dargestellt. Es zeigt sich, dass Acker- und Grünland ständig abnehmen, während der Siedlungsraum massiv wächst. Der Rückgang der landwirtschaftlich genutzten Fläche ist jedoch so stark, dass die Waldfläche trotz einer Zunahme der Siedlungsfläche ebenfalls deutlich zunimmt. In absoluten Zahlen nimmt die Waldfläche sogar deutlich stärker zu als die Siedlungs- und Infrastrukturflächen.

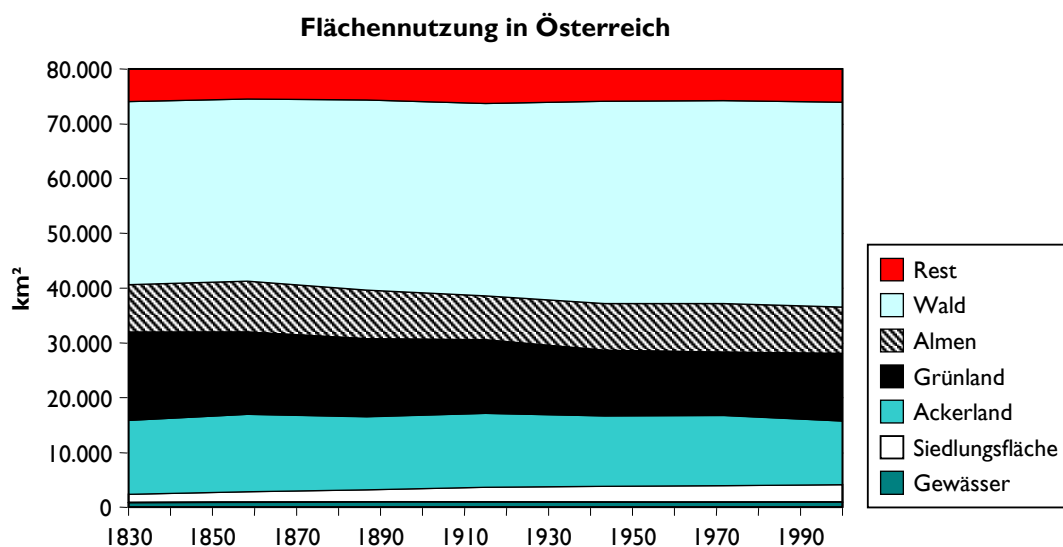


Abbildung 9: Entwicklung der Landnutzung in Österreich 1830-2000

Datenquellen: Krausmann (2001), eigene Berechnungen

Hintergrund dieser Entwicklung ist die enorme Zunahme der Flächenerträge, die unter anderem eine Folge der Industrialisierung der Landwirtschaft (in Form der Mechanisierung und des Einsatzes synthetischer Düngemittel und Pestizide) darstellt. Die negativen Umweltfolgen des Einsatzes von Agrochemikalien sollen hier nicht weiter thematisiert werden (siehe Mannion 1995, Tivy 1993). Weniger beachtet wird in der Diskussion häufig, dass mit der Industrialisierung eine deutliche Verschlechterung der Energiebilanz der Landwirtschaft einherging: Lieferte die österreichische Landwirtschaft im Jahr 1900 noch neun Joule Energieoutput pro Joule Energieinput, so lag das Verhältnis im Jahr 1995 bei etwa 1:1 (Sieferle et al. 2006, Krausmann et al. 2001). Die Lebensmittelproduktion wird damit immer stärker von der Verfügbarkeit von Fossilenergie abhängig.

Ein anderer Prozess, der unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten von hoher Bedeutung ist, ist das Aufbrechen der weitgehend geschlossenen lokalen Zyklen von Nährstoffen, Biomasseflüssen usw. und ihr Ersatz durch großräumige Transportprozesse (Krausmann et al. 2003). Die Verfügbarkeit mineralischer Düngemittel sowie von ausreichenden Transportkapazitäten erlaubte eine Konzentration des Ackerbaus in den Gunstlagen. Die Viehhaltung konzentrierte sich hingegen vor allem im Bereich des Hügellandes und der Voralpen. Aus den alpinen Bereichen zog sich der Ackerbau fast völlig zurück. Ergebnis war eine völlige Umstellung der räumlichen Muster in der Agrarproduktion, verbunden mit einer großräumigen Verfrachtung von Materialien (Betriebsmittel, Maschinen, Agrarprodukte, Zwischenprodukte wie etwa Futtermittel usw.), Stoffen (Stickstoff und andere Pflanzennährstoffe, Kohlenstoff usw.) und Energie (z. B. Treibstoffe für die landwirtschaftlichen Maschinen). Dieses Produktionsmuster ist völlig von der Verfügbarkeit fossiler Energie und der entsprechenden Transportinfrastruktur abhängig und entsprechend verwundbar gegenüber möglichen Preiseffekten, die etwa als Folge von Knappheiten beim Erdöl bzw. bei Fossilenergie generell denkbar sind.

Die Ablösung des Ressourceneinsatzes von der lokalen Produktion sowie die räumliche Umgestaltung des Produktionssystems sind nicht nur innerhalb Österreichs sichtbar, sondern auch auf nationalstaatlicher Ebene. Diesen Zusammenhang verdeutlicht Abbildung 10, die Flächenäquivalente des österreichischen Außenhandels (Importe und Exporte) mit Biomasse zeigt. Hintergrund ist eine Arbeit (Erb 2004), die jene Fläche berechnet, die in jedem einzelnen Land, aus dem Österreich Biomasse importierte, nötig war, um die von Österreich importierte Biomasse zu produzieren. Basis für diese Flächenberechnungen war die weltweite Agrarproduktionsstatistik der FAO (<http://www.fao.org>). Dieser Zusammenhang wird in Abbildung 10 dargestellt, wobei Importe im positiven Bereich der y-Achse (nach oben) dargestellt sind, Exporte nach unten. Die Biomasse ist nach ihrer Herkunft aus Forstökosystemen und Landwirtschaft gegliedert.

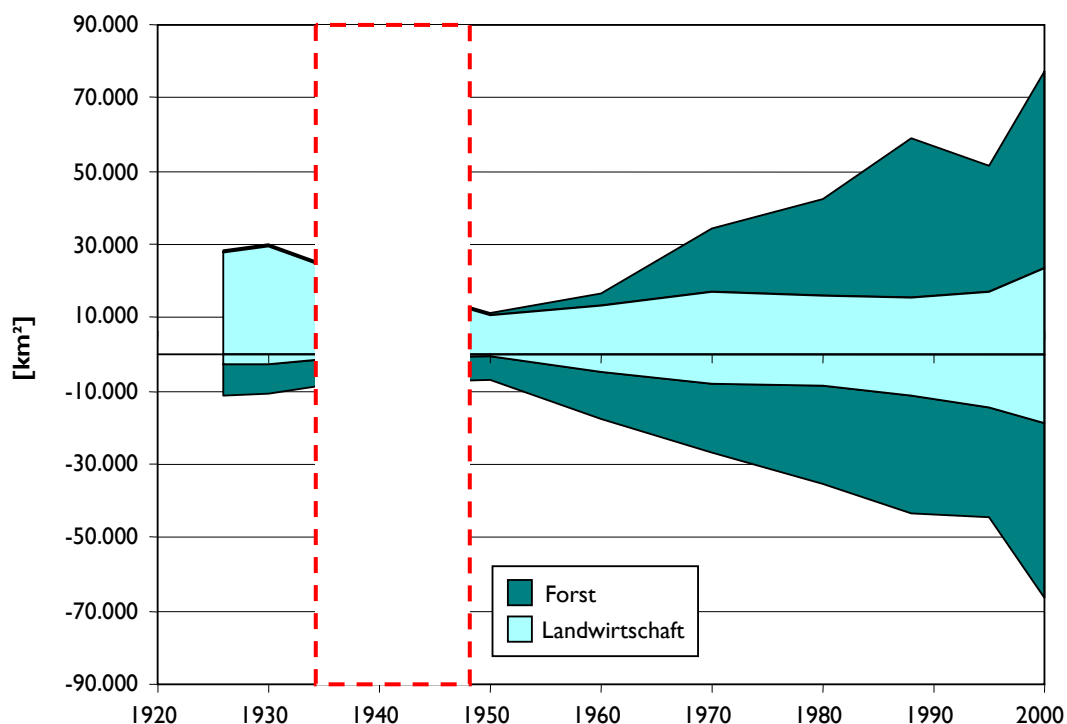


Abbildung 10: Flächenäquivalente der österreichischen Importe (positiver Abschnitt der y-Achse) und Exporte (negativer Abschnitt der y-Achse) an Biomasse und den daraus abgeleiteten Produkten 1920-2000

Datenquellen: Erb (2004), Erb pers. comm

Es zeigt sich, dass sowohl die Importe, als auch die Exporte an Agrar- und Forstprodukten enormen Flächenäquivalenten entsprechen: Im Jahr 2000, dem letzten verfügbaren Datenpunkt, entsprach das Flächenäquivalent der Importe fast der gesamten Landesfläche Österreichs (rund 83.000 km²). Mit anderen Worten, Österreichs „Fußabdruck“ in der Welt in Folge seiner Importe von Agrar- und Forstprodukten ist etwa so groß wie seine eigene Fläche. Gleichzeitig exportiert Österreich Agrar- und Forstprodukte, die auf einer Fläche produziert wurden, die beinahe der Größe des österreichischen Territoriums entspricht.

Abgesehen von Auswirkungen dieser Trends auf das Transportvolumen, die im nächsten Unterkapitel besprochen werden, sind die ökologischen Folgen der österreichischen Agrar- und Forstimporte kaum bekannt. Angesichts der Tatsache, dass die „importierten“ und „exportierten“ Flächen etwa gleich groß sind (insgesamt lag der „Flächenimport“ im Jahr 2000 etwas über 1000 km² über dem „Flächenexport“), kann auch nicht von einer massiven Verlagerung der Biomasseproduktion ins Ausland gesprochen werden. Relevant ist aber unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten das Faktum der Ablösung des gesellschaftlichen Stoffwechsels vom eigenen Territorium. Es bedeutet, dass die ökologischen Folgen des Ressourceneinsatzes durch eine Analyse der Veränderungen auf dem eigenen Territorium nur völlig unzureichend abgebildet werden können (Fischer-Kowalski et al. 2003). Dies stellt eine neue Herausforderung für die Umwelt- und Nachhaltigkeitsberichterstattung auf nationaler Ebene dar.

3.4 Transportvolumen

Auf Grund seiner Dynamik ist der Bereich Verkehr/Transport für eine nachhaltige Entwicklung von besonderer Bedeutung. Der Transport von Gütern und Personen wächst nun schon jahrzehntelang erheblich schneller als der Ressourceneinsatz insgesamt. Im Bereich Gütertransport dürften dafür unter anderem die folgenden drei Faktoren verantwortlich sein:

1. Das Wachstum im Ressourcendurchsatz – je größer die „physische Ökonomie“, desto mehr Materialien und Energieträger müssen transportiert werden.
2. Die Untergliederung der Produktionsketten vom Rohmaterial bis zum fertigen Endprodukt in immer mehr Bearbeitungsschritte, die in jeweils spezialisierten Produktionsstätten stattfinden.
3. Die Nutzung von „economies of scale“ bei jedem einzelnen Produktionsschritt – je größer jede einzelne Anlage, desto größer ist auch das Gebiet, das von ihr versorgt wird, und damit steigt die Länge der Transportwege und damit das Transportvolumen gemessen in Tonnenkilometern. Produktionsketten werden, als Folge der Globalisierung, zunehmend über Ländergrenzen hinweg integriert, d. h. diese Trends beziehen sich sowohl auf den innerösterreichischen als auch auf den internationalen Transport.

Trends im österreichischen Transportvolumen in den letzten Jahrzehnten zeigt Abbildung 11. Das Wachstum des Güter- und Personentransports, gemessen in Personen- bzw. Tonnenkilometer, ist enorm und beträgt rund 400 % über den Beobachtungszeitraum von 1954 bis 2001. Sowohl im Personenverkehr, als auch im Güterverkehr ist eine ständige Verschlechterung des Modal Split (daran versteht man die Aufteilung des Verkehrsaufkommens auf die unterschiedlichen Verkehrsträger wie Straße, Bahn u. a.) unter Umweltgesichtspunkten zu beobachten: Der Straßentransport gewinnt ständig an Bedeutung, andere, weniger umweltbelastende Formen des Transports verlieren an Bedeutung. Besonders dramatisch ist der Anstieg des Flugverkehrs, der seit 1950 um einen Faktor von rund 450 gewachsen ist. Im Zeitraum 1990-1999 wuchs die Leistung des Lufttransportes im Personenbereich um einen Faktor von 2, im Güterbereich um einen Faktor von 2,2. Auffällig ist nicht nur das hohe Wachstum über die gesamte Zeitperiode (die auch durch einen niedrigen Ausgangswert erklärbar sein könnte), sondern dass das Wachstum der Transportleistungen über die gesamte Zeitperiode etwa gleich groß war, wie das Wirtschaftswachstum.

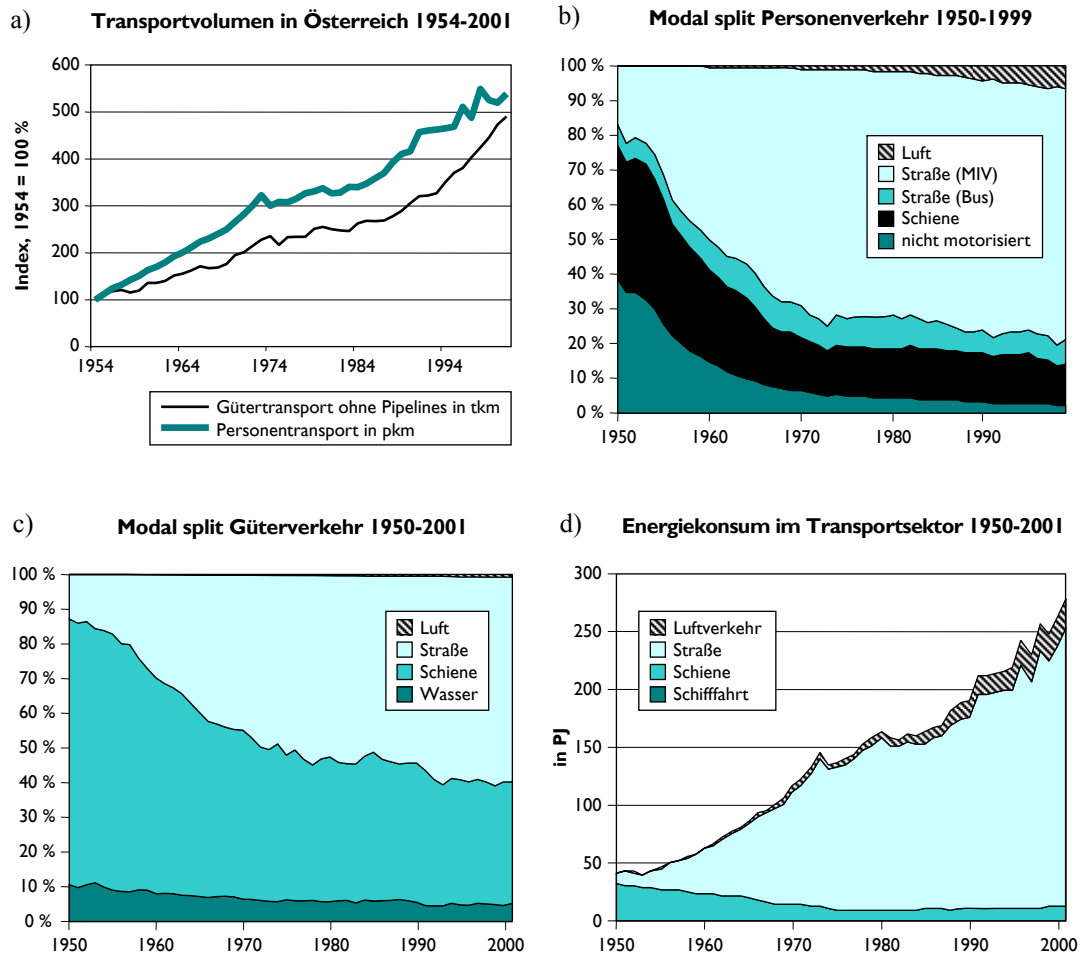


Abbildung 11: Trends im Transportvolumen von Personen und Gütern in Österreich.

- a) Entwicklung des Personentransports (in Personenkilometer) und des Gütertransports (in Tonnenkilometer)
- b) Entwicklung des Modal Split im Personenverkehr
- c) Modal Split im Güterverkehr
- d) Energieeinsatz für Verkehr

Datenquelle: Steininger et al. (2005)

Eine Voraussetzung für die in Abbildung 11 gezeigten Trends war ein entsprechender Ausbau der Infrastruktur in Form von Straßen, Schienennetzen usw. Die damit verbundenen Bauaktivitäten führten nicht nur zu einer enormen Flächeninanspruchnahme, sondern waren auch maßgeblich am gesamten Materialdurchsatz der österreichischen Volkswirtschaft beteiligt: Der Anteil des gesamten Bauwesens am österreichischen Materialdurchsatz betrug im Jahr 1994 etwa 43 %; ein Großteil davon entfiel auf den Tiefbau, also im wesentlichen auf die Errichtung von Straßen und sonstigen Infrastruktureinrichtungen (Hüttler et al. 2001).

Abbildung 12 zeigt, dass gemessen an der Länge des Infrastrukturnetzwerks im Zeitraum 1970-1999 nur bei den Straßen ein relevanter Zuwachs zu verzeichnen ist. Die Ölpipelines wurden nur in der Periode 1970-1980 ausgebaut und blieben danach konstant, die Länge der Schieneninfrastruktur ging sogar zurück. Da diese Infrastrukturinvestitionen Verkehrsströme in hohem Ausmaß beeinflussen und zu einem erheblichen Teil mit öffentlichen Mitteln finanziert werden, ist hier ein wesentlicher Ansatzpunkt für ein Umsteuern in Richtung Nachhaltigkeit zu sehen. Vor dem Hinter-

grund möglicher dramatischer Veränderungen auf den Ölmärkten in Folge von „peak oil“ wären Umorientierungen in der Infrastrukturpolitik auch sinnvoll, um Österreichs Verwundbarkeit gegenüber möglichen Preisschocks bei den Treibstoffkosten zu senken. Da Infrastrukturentscheidungen sehr langfristigen Charakter haben und zukünftige Muster der Ressourcennutzung langfristig beeinflussen werden, ist dieser Politikbereich für die Nachhaltigkeitspolitik von herausragender Bedeutung.

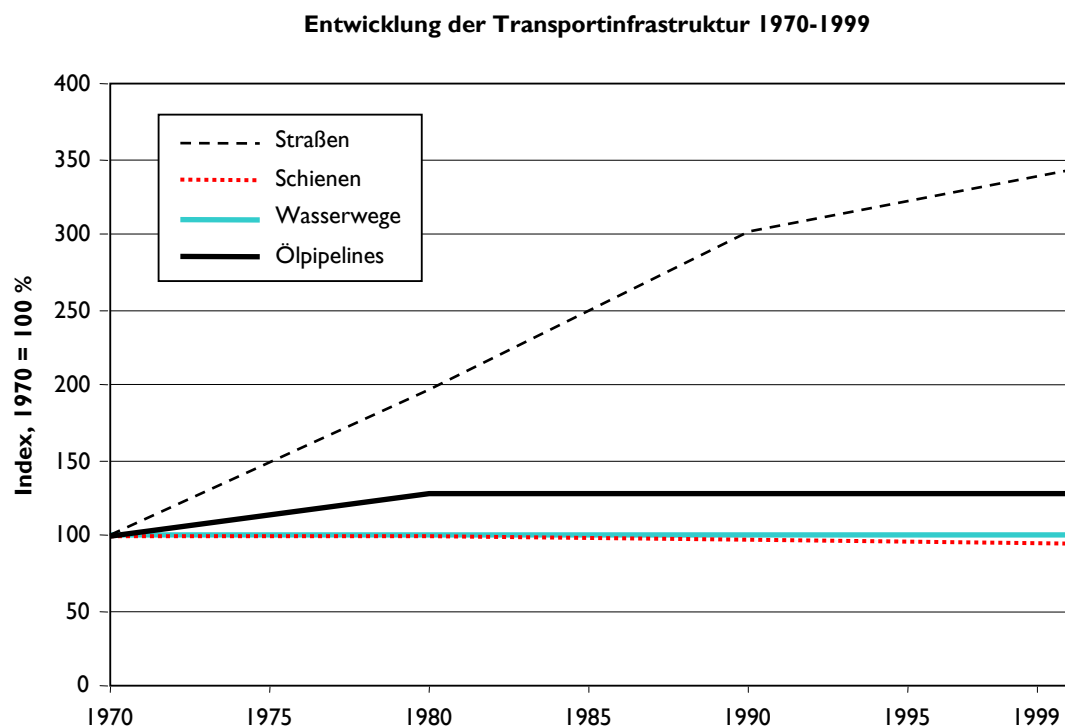


Abbildung 12: Entwicklung der Transportinfrastruktur in Österreich 1970-1999

Datenquelle: Eurostat (2003)

3.5 Entkopplung und externe Effekte

Eine wesentliche Strategie zur Senkung des Ressourceneinsatzes in den Industrieländern ist die Entkopplung von Wirtschaftswachstum, Lebensqualität und Ressourceneinsatz. Ziel muss es unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten sein, die systemischen Zusammenhänge von Ressourcenverbrauch, Wirtschaftswachstum und menschlichem Wohlergehen aufzubrechen (vgl. Abbildung 13).

Eine Strategie, die in diesem Zusammenhang prioritär verfolgt wird, ist die Entkopplung von Ressourceneinsatz und Wirtschaftswachstum durch Erhöhung der gesamtwirtschaftlichen Effizienz (vgl. Österreichische Bundesregierung 2002, Die Bundesregierung 2004). In diesem Abschnitt werden zunächst wesentliche Trends in den letzten Jahrzehnten analysiert und dann ihre Ursachen sowie Voraussetzungen, Möglichkeiten und Grenzen einer Effizienzstrategie diskutiert.

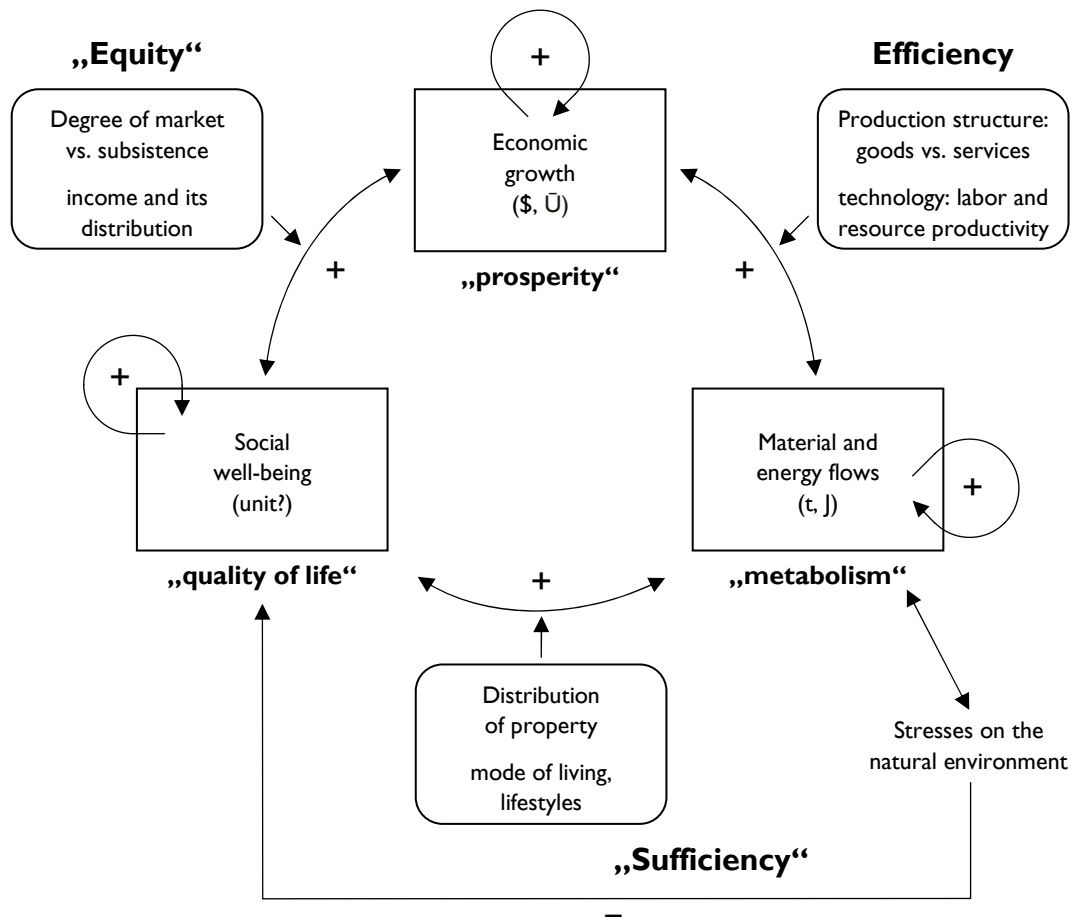


Abbildung 13: Nachhaltigkeit als Balance zwischen wirtschaftlichem Wohlergehen, sozialem Wohlergehen und ökologischen Belastungen

Datenquelle: Haberl et al. (2004a)

3.5.1 Entkopplungstrends in Österreich

Trends hinsichtlich der Entkopplung von Ressourceneinsatz und Wirtschaftswachstum in Österreich werden in Abbildung 14 zusammengefasst. Es zeigt sich, dass Material- und Energieeinsatz gemessen am DMC sowie am DEC langsamer wachsen als die Wirtschaftsleistung, gemessen am Bruttoinlandsprodukt (BIP). Es ist also eine relative Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Ressourceneinsatz zu beobachten. Dies ist zwar unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten wünschenswert, reicht allerdings nicht aus, um dem einleitend als notwendig erkannten Ziel einer absoluten Verringerung der Ressourcenflüsse gerecht zu werden. Ein ähnliches Muster zeigt sich auch bei den Treibhausgas-Emissionen, die ebenfalls langsamer wachsen als das BIP, nicht aber den aus Klimaschutzgründen wünschenswerten Abwärtstrend zeigen. Qualitativ anders sieht die Situation im Transportbereich aus: Es ist keinerlei Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Transportleistungen zu erkennen, Wirtschaftsleistung und Transportvolumina wachsen parallel (vgl. Matthews et al. 2000, Weisz et al. 2002).

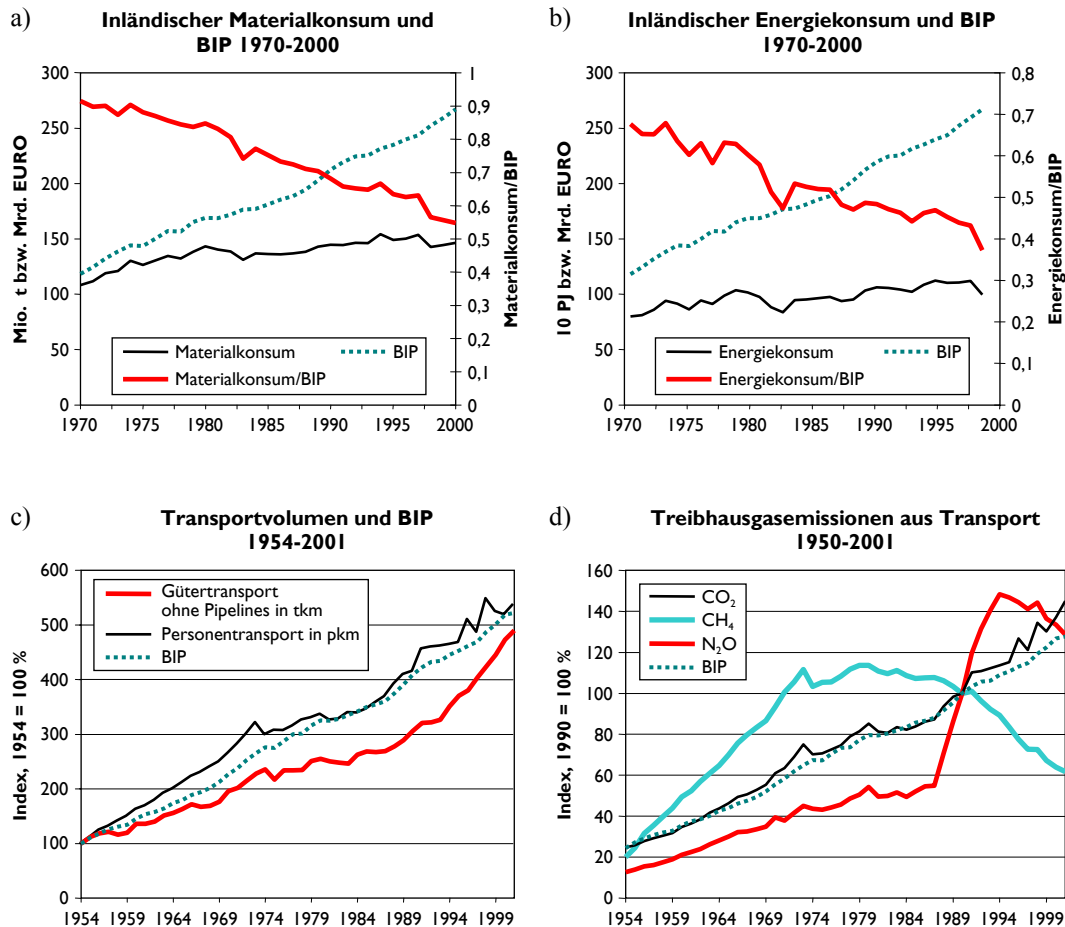


Abbildung 14: Entkopplungstrends zwischen Wirtschaftswachstum, gemessen als

Bruttoinlandsprodukt, und Ressourceneinsatz;

a) Inländischer Materialkonsum und BIP

b) Inländischer Energieeinsatz und BIP

c) Transportvolumen und BIP und

d) Treibhausgas-Emissionen und BIP

Datenquelle: Steininger et al. (2005)

Dieses Muster ist typisch für die meisten Industrieländer (Tabelle 1). Unter den EU-15-Staaten weisen im Zeitraum 1970-2001 nur Portugal und Griechenland einen Anstieg der Materialintensität auf, während alle anderen Länder – so wie auch die EU-15 insgesamt – relative Entkopplungstrends aufweisen. Österreich liegt bei der Verringerung der Materialintensität mit -41 % knapp unter dem Wert der EU-15 insgesamt (-44 %), andere Länder weisen noch eine deutlich größere Verbesserung der Materialeffizienz auf (z. B. Irland mit -61 %). Bei der Materialintensität liegt Österreich mit 0,71 kg/EUR etwas besser als die EU-15 insgesamt (0,78 kg/EUR), aber doch deutlich schlechter als etwa die Niederlande mit 0,60 kg/EUR. Höhe und Trends in der Materialintensität spiegeln Wirtschaftsstruktur und wirtschaftliche Dynamik wider. Länder wie Griechenland und Portugal setzten in den letzten Jahrzehnten auf industrielle Entwicklung, was sich in steigender Materialintensität niederschlägt, während etwa Irland massiv auf Informationstechnologie setzte und entsprechende Rückgänge in der Materialintensität erreichen konnte.

Tabelle 1: Veränderungen der Materialintensität
(Inländischer Materialkonsum/BIP) in den EU-15-Ländern 1970-2000

| | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | Veränderung 1970-2000 |
|----------------|-----------|------|------|------|-----------------------|
| | [kg/Euro] | | | | [%] |
| Niederlande | 1.10 | 1.12 | 0.97 | 0.60 | -46 |
| Frankreich | 1.17 | 1.08 | 0.82 | 0.66 | -43 |
| Belgien/LUX | 1.40 | 1.09 | 0.90 | 0.68 | -51 |
| United Kingdom | 1.49 | 1.14 | 0.98 | 0.68 | -54 |
| Österreich | 1.20 | 1.12 | 0.89 | 0.71 | -41 |
| Deutschland | 1.66 | 1.26 | 0.94 | 0.72 | -56 |
| Italien | 1.09 | 1.04 | 0.81 | 0.73 | -33 |
| EU-15 | 1.42 | 1.18 | 0.96 | 0.79 | -44 |
| Dänemark | 1.33 | 1.05 | 0.96 | 0.80 | -40 |
| Schweden | 1.52 | 1.12 | 1.04 | 0.86 | -43 |
| Irland | 2.88 | 2.46 | 1.84 | 1.13 | -61 |
| Spanien | 1.29 | 1.24 | 1.19 | 1.16 | -10 |
| Portugal | 1.44 | 1.26 | 1.24 | 1.54 | 7 |
| Finnland | 3.17 | 2.22 | 1.94 | 1.55 | -51 |
| Griechenland | 1.28 | 1.20 | 1.78 | 1.99 | 55 |

Datenquelle: Weisz et al. (2006)

Wie die beobachteten Entkopplungstrends unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten zu bewerten sind, ist leider wissenschaftlich noch nicht vollständig geklärt. Manche AutorInnen führen die beobachteten Entkopplungstrends auf eine Verlagerung ressourcenintensiver Teile der Produktionskette in Entwicklungsländer zurück (Muradian und Martinez-Alier 2001a, Muradian und Martinez-Alier 2001b). Wäre das der Fall, so würden die beobachteten Entkopplungstendenzen keinerlei Fortschritt in Richtung Nachhaltigkeit anzeigen, im Gegenteil: Es wäre nur eine Problemverschiebung zu Lasten ärmerer Regionen der Welt. Ein Hinweis, der diese Vermutung stützt, besteht darin, dass in vielen Entwicklungsländern, vor allem in Lateinamerika, die im großen Umfang rohstoffintensive Produkte an die Industrieländer des Nordens liefern, die Materialintensität zunimmt (Fischer-Kowalski und Amann 2001). Insgesamt ist aber leider zu dieser Frage beim derzeitigen Stand der Forschung keine abschließende Bewertung möglich (Weisz et al. 2005).

Eine Bewertung der Frage, ob und in welchem Ausmaß Verlagerungen der Produktion ins Ausland für die Verbesserung der Materialeffizienz verantwortlich sind, würde die Berechnung von konsistenten Zeitreihen über den Inlandskonsum an „Rohmaterialäquivalenten“ (*raw material equivalents*) erfordern. Darunter versteht man die Gesamtsumme der ökonomisch verwerteten Rohstoffentnahmen (*used extraction*), die nötig ist, um den inländischen Materialkonsum (DMC) eines Landes zu decken. Diese Daten sind allerdings nur mit Input-Output-Analysen zu ermitteln, für die derzeit hinreichende Datengrundlagen fehlen. Konsistente Zeitreihendaten – wie für den DMC – gibt es daher leider noch nicht. Erste Berechnungen zeigen jedenfalls, dass sich der Verbrauch an Rohmaterialäquivalenten deutlich vom DMC unterscheidet und daher durchaus Verschiebungen in den Trends denkbar sind (Weisz et al. 2006). In diesem Bereich sind jedenfalls weitere Forschungsanstrengungen nötig.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass die bisher eingesetzten Maßnahmen zur Verbesserung der Ressourceneffizienz wahrscheinlich insofern gegriffen haben, als sie zu einer relativen Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Ressourceneinsatz geführt haben. Dazu hat freilich auch der wirtschaftliche Strukturwandel (Stichwort „Dienstleistungsgesellschaft“) beigetragen, der gar

nicht (oder zumindest nicht primär) ökologisch motiviert war und ist. Eine Ausnahme stellt die Entwicklung der Transportvolumina dar; diese wachsen grosso modo gleich schnell wie die Wirtschaftsleistung. Das im Lichte einer nachhaltigen Entwicklung anzustrebende Ziel einer absoluten Reduktion des Ressourceneinsatzes wurde in den vergangenen Jahren und Jahrzehnten verfehlt. Die eingesetzten Maßnahmen und Instrumente waren also jedenfalls unzureichend, um Österreich auf einen nachhaltigen Entwicklungspfad zu bringen. Eine Trendwende in Richtung Nachhaltigkeit wird also eine deutliche Verstärkung der Aktivitäten bzw. qualitativ neue Maßnahmen/Instrumente erfordern.

3.5.2 Preise von Energie und anderen Gütern im Vergleich zur Einkommensentwicklung

In Marktwirtschaften erfolgt eine Steuerung von Angebot und Nachfrage durch Preise, die sich auf Märkten bilden. Die Veränderung von Preis- und Kostenstrukturen, etwa durch eine Internalisierung von externen Kosten in die Preise von Gütern und Dienstleistungen, gilt daher als eine der effizientesten Optionen zur Beeinflussung des Ressourcenverbrauchs. *Umweltkosten* im volkswirtschaftlichen Sinn umfassen sowohl betriebsinterne als auch externe Kosten und beinhalten alle Kosten, die im Zusammenhang mit Umweltschäden und Umweltschutzmaßnahmen entstehen. *Externe Kosten* sind Kosten, die dem Verursacher nicht über Preise, Steuern und Strafen zugerechnet werden, sondern von Dritten (z. B. der Allgemeinheit oder zukünftigen Generationen) getragen werden. In diesem Abschnitt gehen wir der Frage nach, wie sich Preise und Kostenstrukturen in den vergangenen Jahren entwickelt haben, und inwieweit diese die beobachteten Muster im Ressourcenverbrauch erklären können.

Abbildung 15 analysiert die Entwicklung der Preise verschiedener Güter- und Dienstleistungsgruppen in Österreich in den letzten Jahrzehnten. Entgegen der landläufigen Meinung, dass Energie laufend teurer werde, waren die realen, also inflationsbereinigten, Energiepreise in Österreich in den letzten Jahrzehnten praktisch konstant. Lediglich der sogenannte „zweite Ölschock“ in den frühen 1980er Jahren brachte einen deutlichen realen Preisschub bei Energie. Abbildung 15a zeigt ausgewählte Preis- und Kostenindizes im Vergleich.

Aus Abbildung 15a wird ersichtlich, dass die Preise für Beleuchtung und Beheizung eine ähnliche Entwicklung wie der Gesamt-Verbraucherpreisindex zeigen. Lediglich zur Zeit der beiden Ölschocks waren die Preise für Beleuchtung und Beheizung wesentlich höher im Vergleich zum Gesamt-Verbraucherpreis. Die Entwicklung des Wohnungspreisindex verdeutlicht, dass einige Warengruppen seit 1966 wesentlich stärkere Preissteigerungen erfahren haben als die Energiepreise für Beleuchtung und Beheizung. Eine relative Verteuerung der Energie ist anhand der beschriebenen Preisindizes damit nicht sichtbar.

Auch Abbildung 15b zeigt, dass die Energiepreisindizes für Haushaltsenergie, die aus den gewichteten Haushalts-Energiepreisen für Brennstoffe, leitungsgebundene Energieträger und Treibstoffe berechnet wurden, lediglich in der Phase der beiden Ölschocks über dem allgemeinen Verbraucherpreisindex lagen. Der reale Haushaltsenergiepreisindex ist seit 1990 nahezu unverändert, d. h. real sind die Energiepreise für Haushalte seit 1990 annähernd gleich geblieben. Abbildung 15c verdeutlicht, dass im Zeitraum 1996-2002 keine Entlastung der Arbeitskosten im Vergleich zu den Energiepreisen stattgefunden hat. Der Energiepreisindex schwankt zwar stärker als der Arbeitskostenindex, die Trendentwicklung verläuft jedoch bei beiden ähnlich. Aus Abbildung 15d wird ersichtlich, dass im Zeitraum 1990-2002 die Kosten für Diesel wesentlich weniger gestiegen sind als das Durchschnittseinkommen: während das Durchschnittseinkommen um rund 30 % gewachsen ist verzeichnen die Kosten für Diesel eine Steigerung von weniger als 20 %. Die Kostenentwicklung für Benzin ist in annähernd gleicher Höhe wie das Durchschnittseinkommen verlaufen, im Gegensatz dazu sind die Kosten für einen Straßenbahnfahrschein (Vorverkaufsfahrschein für öffentliche Verkehrsmittel in Wien) um mehr als 70 % gestiegen.

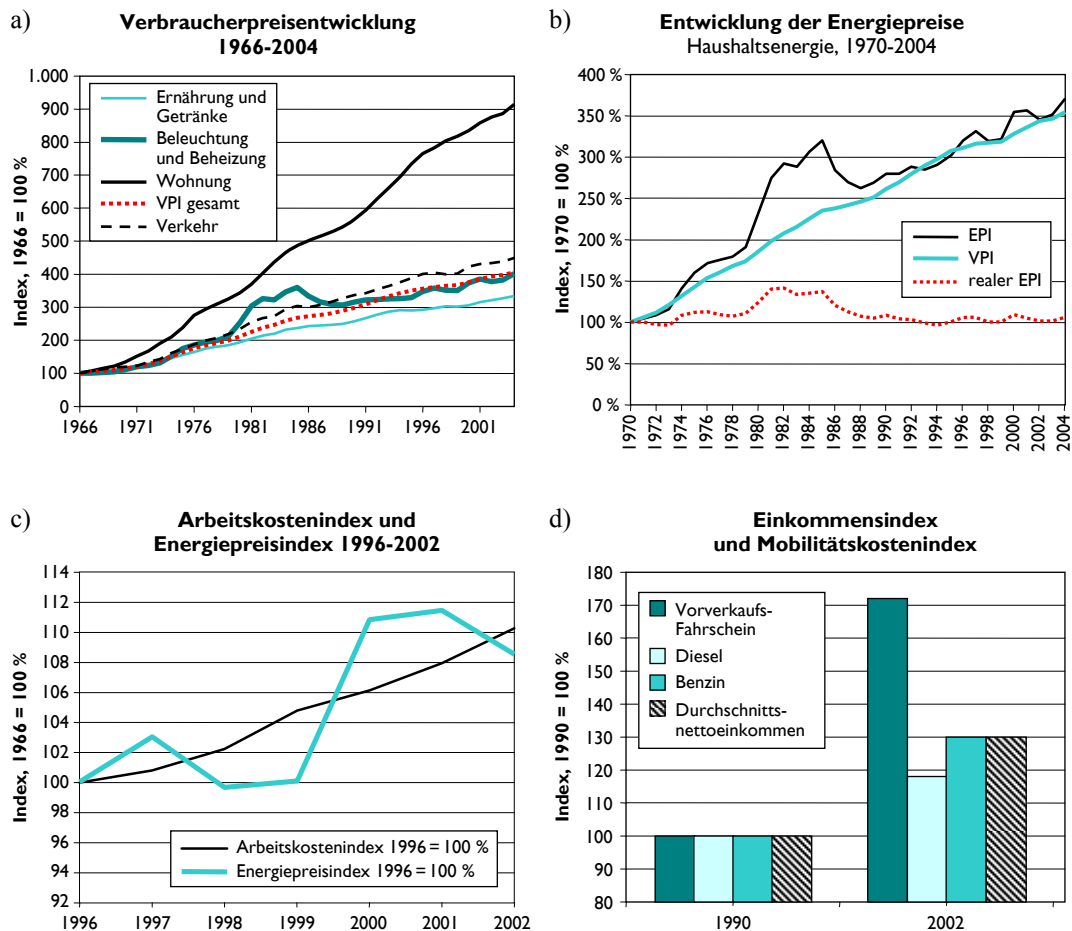


Abbildung 15: Entwicklung der Energiepreise, Verbraucherpreise, Arbeitskosten und Einkommen im Vergleich;

- a) Langfristige Veränderungen in den relativen Preisen verschiedener Warengruppen in Österreich
b) Entwicklung des realen Energiepreisindex
c) Arbeitskosten- und Energiepreisindex
d) Einkommens- und Mobilitätskostenindex

Datenquelle:

- a) schriftliche Auskunft Statistik Austria, Walter Kern, 16.09.200,.
b) <http://www.energyagency.at>,
c) Statistisches Jahrbuch Österreich 2005, 226 und <http://www.energyagencia.at>,
d) <http://www.wien.gv.at/ma22/pool/pdf/pm10-7.pdf>

Sowohl die Energie- als auch die Treibstoffpreisentwicklung zeigen im Vergleich zur gesamten Verbraucherpreisentwicklung, dass die Preise für den Verbrauch dieser Ressourcen real nicht gestiegen sind und damit keine Preissignale zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs gesetzt wurden. Die Daten zeigen also, dass von den Preisen in der Vergangenheit – mit Ausnahme der frühen 1980er Jahre – kein maßgebliches Signal in Richtung Steigerung der Ressourceneffizienz ausgegangen ist. Teilweise waren die Preissignale sogar kontraproduktiv, wie ein Vergleich der Entwicklung von Preisen öffentlicher Verkehrsmittel mit denen von Kfz-Treibstoffen (Abbildung 15d) zeigt. Die Vermutung liegt nahe, dass Maßnahmen zur Verbesserung der Ressourcenproduktivität, die nicht mit einer Veränderung der Preisstrukturen einhergehen, nur eine begrenzte Wirksamkeit haben. So wichtig und notwendig die Maßnahmen, die in den vergangenen Jahren gesetzt wurden, auch sein mö-

gen, für eine Trendwende in Richtung Nachhaltigkeit haben sie offenbar nicht ausgereicht. Im Gegensatz dazu zeigen etwa Modellierungsstudien, dass durch Veränderungen im System relativer Preise, etwa durch sozial-ökologische Steuerreformen, sehr wohl eine absolute Reduktion etwa des Energieeinsatzes oder der CO₂-Emissionen erzielt werden kann (Köppl et al. 1995).

Ein Grund für die begrenzte Wirksamkeit von Maßnahmen zur Erhöhung der Effizienz ist in den sogenannten Rebound-Effekten zu sehen. Da beispielsweise eine Erhöhung der Energieeffizienz die Kosten von Energiedienstleistungen senkt, wenn die Endenergiepreise konstant bleiben, kann es als eine Folge zu einer Ausweitung der Nachfrage nach dieser Energiedienstleistung kommen (Schipper 2000). Dieser Effekt kann ausgeglichen oder zumindest vermindert werden, wenn es zu einer Erhöhung der Energiekosten etwa durch sozial-ökologische Steuerreformen (Verteuerung von Ressourcen, steuerliche Entlastung des Faktors Arbeit) kommt.

Ein Betrieb, der im Rahmen seiner Produktionstätigkeit negative Auswirkungen auf seine Umwelt (und ihre Bewohner) hat, wird diese Tätigkeit solange intensivieren, solange sein Grenznutzen positiv ist, und den Verlust an Lebensqualität in der Region nicht in seine Kalkulation miteinbeziehen. Auch wenn dieser Verlust von der Bevölkerung bereits höher bewertet wird als der Grenznutzen des Produzenten, und sie bereit wäre, Zahlungen für eine Verringerung der Produktionsmenge zu leisten, kommen solche Verträge auf Grund der meist großen Zahl der Betroffenen und der damit zusammenhängenden Transaktions- und Verhandlungskosten nicht zu Stande. Diese Situation führt also offensichtlich zu Ineffizienzen. Es ist deshalb wünschenswert, externe Effekte zu internalisieren, damit der Verursacher die vollen Kosten seiner Aktivität trägt und somit die Verzerrung des Marktes, die durch die Abwälzung eines Teils der Kosten auf die Allgemeinheit entsteht, verhindert wird.

Die Höhe der externen Kosten ist wissenschaftlich nicht exakt zu bestimmen. Offenkundig wird das Problem, dass die bestehenden Instrumente zur Internalisierung der externen Kosten zwar die internen Kosten für die Umweltbelastung verändert haben, jedoch nicht in einem Maß gegriffen haben, um die benötigte Trendumkehr im Ressourcendurchsatz zu erreichen. Dazu ist eine grundlegende Veränderung der Preisstruktur für Produkte und Dienstleistungen nötig. Die herkömmlichen Instrumente des Umweltschutzes haben vor allem an der Outputseite, also bei Abfällen und Emissionen angesetzt. Für die Steuerung des Materialverbrauchs muss jedoch zusätzlich an der Inputseite angesetzt werden. Die seit Jahrzehnten geforderte Entlastung des Faktors Arbeit (und damit der erbrachten Dienstleistungen) bei gleichzeitiger Belastung des Faktors Materialeinsatz (mit den entstehenden Abfällen und Emissionen) muss in einer gemeinsamen Europäischen Initiative umgesetzt werden.

3.5.3 *Ansatzpunkte für ein Umsteuern: Produzenten versus Konsumenten*

Veränderungen im Ressourcendurchsatz erfordern sowohl eine Veränderung der Konsumstrukturen, als auch eine der Produktionsstrukturen. Sowohl eine Effizienzsteigerung in der Produktion, als auch Veränderungen in den Konsummustern sind nötig, wenn das Ziel einer absoluten Senkung des Ressourcendurchsatzes erreicht werden soll. Im Rahmen einer effizienten Strategie für eine nachhaltige Entwicklung müssen diese Veränderungen in integrierter Weise vorangetrieben werden, da es sich letztlich um zwei Seiten einer Medaille handelt.

Dabei kommt gerade auch der öffentlichen Beschaffung eine herausragende Rolle zu, da sie aufgrund der großen Einkaufsvolumina signifikante Zeichen setzen kann und die Markteinführung neuer ökologisch vorteilhafter Varianten stabilisieren kann.

4 Resümee

Die zusammengetragenen Daten und Trends belegen, dass der Ressourceneinsatz Österreichs insgesamt nach wie vor ansteigt. Wie einleitend ausführlich dargelegt, wäre für eine nachhaltige Entwicklung eine Trendumkehr bzw. eine erhebliche Reduktion des Ressourceneinsatzes nötig. Davon kann keine Rede sein. Zwar hat sich das Wachstum im Material- und Energieeinsatz seit den frühen 1980er-Jahren deutlich verlangsamt, nach wie vor wächst aber sowohl der inländische Material-, als auch der Energieeinsatz und damit auch die unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten besonders wesentlichen Treibhausgasemissionen.

Das Management von Material- und Energieflüssen wird zunehmend als wichtiger Politikbereich in der Nachhaltigkeitspolitik erkannt. So hat beispielsweise die G8-Gruppe im Jahr 2004 empfohlen, im Rahmen der OECD einen Materialfluss- und Ressourceneffizienz-Arbeitsplan zu erstellen. Dieser soll auf der sogenannten R3-Strategie beruhen: „reduce, recycle, reuse“ (Reduktion, Recycling, Wieder-Nutzung). Diese R3-Strategie liegt beispielsweise auch dem Strategieplan „Towards Establishing a Sound Material Cycle Society“ der Japanischen Regierung zu Grunde, in der zudem verbindliche Ziele für Ressourceneinsatz auf Basis von MFA-Indikatoren enthalten sind. Die Entwicklung ähnlicher, politisch akkordierter Ziele für Österreich wäre aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten wünschenswert.

Bei der Fläche ist zwischen in- und ausländischer Inanspruchnahme zu unterscheiden. Da Österreichs Fläche konstant ist und seit hunderten von Jahren praktisch flächendeckend genutzt wird, ist im Inland keine Ausweitung der Flächennutzung möglich. Es gibt aber wesentliche qualitative Veränderungen, vor allem einen Rückgang von landwirtschaftlich genutzten Flächen, einen Verwaltungstrend sowie eine enorm schnelle Zunahme von Siedlungs-, Betriebs- und Infrastrukturflächen. Österreichs „Außenhandel“ mit Fläche nimmt hingegen exponentiell zu, was eine Loslösung des gesellschaftlichen Stoffwechsels und damit der Umwelt- und Nachhaltigkeitsprobleme vom eigenen Territorium andeutet. Dies stellt einerseits eine Herausforderung für die Berichterstattung dar, unterstreicht andererseits die Bedeutung von Fragen der internationalen Kooperation für die Nachhaltigkeitspolitik.

Eine der größten Herausforderungen für die Nachhaltigkeitspolitik ist das rasant steigende Volumen im Personen- und Gütertransport. Es ist schwer vorstellbar, dass ein derartiges Wachstum, sollte es in die Zukunft fortgeschrieben werden, durch technische Maßnahmen (z. B. Verringerung des Treibstoffverbrauchs pro Personenkilometer, Umstieg auf Biofuels) oder Veränderungen im Modal Split mit den Zielen einer Trendumkehr im Ressourceneinsatz in Einklang gebracht werden könnte. Zudem hat sich der Modal Split in den vergangenen Jahrzehnten unter ökologischen Gesichtspunkten laufend verschlechtert. Eine nachhaltige Entwicklung würde es daher erfordern, den Zuwachs der Transportvolumina selbst zu verlangsamen bzw. aufzuhalten.

5 Literatur

- Adriaanse, A., Bringezu, S., Hammond, A., Moriguchi, Y., Rodenburg, E., Rogich, D. und Schütz, H., 1997, *Resource Flows: The Material Basis of Industrial Economies*, Washington, D.C.: World Resources Institute.
- Anderl, M., Gager, M., Gangl, M., Gugele, B., Köther, T., Kurzweil, A., Ritter, M., Wappel, D. und Wieser, M., 2005, *Emissionstrends 1990-2003. Ein Überblick über die österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen mit Datenbestand 2005*, Wien: Umweltbundesamt [online] <http://www.umweltbundesamt.at>.
- Ayres, R. U. und Simonis, U. E., 1994, *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*, Tokyo, New York, Paris: United Nations University Press.
- Barbiero, G., Camponeschi, S., Femia, A., Greca, G., Tudini, A. und Vannozzi, M., 2003, 1980-1998 Material-Input-Based Indicators Time series and 1997 Material Balances of the Italian Economy, Rome: ISTAT.
- Berkes, F. und Folke, C., 1998, Linking social and ecological systems for resilience and sustainability, in: F. Berkes and C. Folke, eds., *Linking Social and Ecological Systems. Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*, Cambridge: Cambridge University Press, 1-26.
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), 2004, *Gewässerschutzbericht 2002*, Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Chapin III, F. S., Zavaleta, E. S., Eviner, V. T., Naylor, R., Vitousek, P. M., Reynolds, H. L., Hooper, D. U., Lavorel, S., Sala, O. E., Hobbie, S. E., Mack, M. C. und Diaz, S., 2000, Consequences of changing biodiversity, *Nature* 405, 234-242.
- Daniels, P. L., 2002, Approaches for Quantifying the Metabolism of Physical Economies: A Comparative Survey. Part II – Review of Individual Approaches, *Journal of Industrial Ecology* 6(1), 65-88.
- Daniels, P. L. und Moore, S., 2001, Approaches for Quantifying the Metabolism of Physical Economies, Part I: Methodological Overview, *Journal of Industrial Ecology* 5(4), 69-93.
- DETR/ONS/WI, 2001 (*revised and updated 2002 by ONS*), *Total Material Resource Flows of the United Kingdom*, Department of Environment, Transport and the Regions of the UK, Office for National Statistics of the UK, Wuppertal Institute.UK.
- Die Bundesregierung, 2004, Fortschrittsbericht 2004. Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung, Berlin: Presse- und Informationsamt der Bundesregierung.
- Dunlap, R. E. und Catton, W. R., 2002, Which Function(s) of the Environment Do We Study? A Comparison of Environmental and Natural Resource Sociology, *Society and Natural Resources* 15, 239-249.
- Erb, K.-H., 2004, Actual Land Demand of Austria 1926 - 2000: A Variation on Ecological Footprint Assessments, *Land Use Policy* 21(3), 247-259.
- European Commission, 2003, *Towards a thematic strategy on the sustainable use of natural resources, Communication from the Commission to the Council and the European Parliament*. COM (2003) 572 final, Brussels.

- Eurostat, 2001, *Economy-wide Material Flow Accounts and Derived Indicators. A methodological guide*, ISBN: 92-894-0459-0, Eurostat, European Commission, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Eurostat, 2002, *Material use in the European Union 1980-2000. Indicators and Analysis*, prepared by Weisz, H., Fischer-Kowalski, M., Amann, C., Eisenmenger, N., Hubacek, K., and Krausmann, F., Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Eurostat, 2003, *Panorama des Verkehrs: Daten 1970-2001*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Fischer-Kowalski, M. und Amann, C., 2001, Beyond IPAT and Kuznets Curves: Globalization as a Vital Factor in Analysing the Environmental Impact of Socio-Economic Metabolism, *Population and Environment* 23(1), 7-47.
- Fischer-Kowalski, M. und Erb, K.-H., 2003, Gesellschaftlicher Stoffwechsel im Raum. Auf der Suche nach einem sozialwissenschaftlichen Zugang zur biophysischen Realität, in: P. Meusbürger und T. Schwan, Hg., *Humanökologie. Ansätze zur Überwindung der Natur-Kultur-Dichotomie*, Stuttgart: Steiner Verlag, 257-285.
- Fischer-Kowalski, M. und Haberl, H., 1997, Tons, Joules and Money: Modes of Production and their Sustainability Problems, *Society and Natural Resources* 10(1), 61-85.
- Fischer-Kowalski, M. und Haberl, H., 1998, Sustainable Development: Socio-Economic Metabolism and Colonization of Nature, *International Social Science Journal* 158(4), 573-587.
- Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Hüttler, W., Payer, H., Schandl, H., Winiwarter, V., und Zangerl-Weisz, H., 1997, *Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur. Ein Versuch in Sozialer Ökologie*, Amsterdam: Gordon und Breach Fakultas.
- Fischer-Kowalski, M. und Weisz, H., 1999, Society as Hybrid Between Material and Symbolic Realms. Toward a Theoretical Framework of Society-Nature Interaction, *Advances in Human Ecology* 8, 215-251.
- German Federal Statistical Office – Statistisches Bundesamt, 2000, *Integrated Environmental and Economic Accounting – Material and Energy Flow Accounts*, Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Haberl, H. und Geissler, S., 2000, Cascade Utilisation of Biomass: How to cope with ecological limits to biomass use, *Ecological Engineering* 16 (Suppl.), S111-S121.
- Haberl, H., 2001a, The Energetic Metabolism of Societies, Part I: Accounting Concepts, *Journal of Industrial Ecology* 5(1), 11-33.
- Haberl, H., 2001b, The Energetic Metabolism of Societies, Part II: Empirical Examples, *Journal of Industrial Ecology* 5(2), 71-88.
- Haberl, H., Erb, K.-H., Krausmann, F., Loibl, W., Schulz, N. B. und Weisz, H. 2001, Changes in Ecosystem Processes Induced by Land Use: Human Appropriation of Net Primary Production and Its Influence on Standing Crop in Austria, *Global Biogeochemical Cycles* 15(4), 929-942.
- Haberl, H., Erb, K.-H., Krausmann, F., Adensam, H. und Schulz, N. B., 2003, Land-Use Change and Socioeconomic Metabolism in Austria. Part II: Land-Use Scenarios for 2020, *Land Use Policy*, 20(1), 21-39.
- Haberl, H., Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Weisz, H. und Winiwarter, V., 2004a, Progress Towards Sustainability? What the conceptual framework of material and energy flow accounting (MEFA) can offer, *Land Use Policy* 21(3), 199-213.

- Haberl, H., Schulz, N. B., Plutzer, C., Erb, K.-H., Krausmann, F., Loibl, W., Moser, D., Sauberer, N., Weisz, H., Zechmeister, H. G. und Zulka, P., 2004b, Human Appropriation of Net Primary Production and Species Diversity in Agricultural Landscapes, *Agriculture, Ecosystems & Environment* 102(2), 213-218.
- Haberl, H., Wackernagel, M., Krausmann, F., Erb, K.-H. und Monfreda, C., 2004c, Ecological footprints and human appropriation of net primary production: A comparison, *Land Use Policy* 21(3), 279-288.
- Haberl, H., Plutzer, C., Erb, K.-H., Gaube, V., Pollheimer, M. und Schulz, N. B., 2005, Human Appropriation of Net Primary Production as Determinant of Avifauna Diversity in Austria, *Agriculture, Ecosystems & Environment* 110(3-4), 119-131.
- Haberl, H. und Erb, K.-H., 2006, Assessment of Sustainable Land Use in Producing Biomass, in: J. Dewulf und H. V. Langenhove, eds., *Renewables-Based Technology: Sustainability Assessment*, Chichester: John Wiley & Sons, 176-192.
- Hallock, J., Tharakan, P. J., Hall, C. A. S., Jefferson, M. und Wu, W., 2004, Forecasting the limits to the availability and diversity of global conventional oil supply, *Energy* 29(11), 1673-1696.
- Heywood, V. H. und Watson, R. T., 1995, *Global Biodiversity Assessment*, United Nations Environment Programme (UNEP), Cambridge: Cambridge University Press.
- Holling, C. S., 1986, The resilience of terrestrial ecosystems: local surprise and global change, in: W. C. Clark und R. E. Munn, eds., *Sustainable Development of the Biosphere*, Cambridge: Cambridge University Press, 292-320.
- Hüttler, W., Amann, C., Henning, F., Payer, H., und Schandl, H., 2001, *Bauen und nachhaltige Entwicklung*, Wien: Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2001, *Climate Change 2001: Synthesis Report. Summary for Policymakers*, Geneva: IPCC.
- Isacson, A., Johnsson, K., Linder, I., Palm, V. und Wadeskog, A., 2000, *Material Flow Accounts – DMI and DMC for Sweden 1987-1997*, Eurostat, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Kates, R. W., Clark, W. C., Corell, R., Hall, J. M., Jaeger, C. C., Lowe, I., McCarthy, J. J., Schellhuber, H. J., Bolin, B., Dickson, N. M., Faucheux, S., Gallopin, G. C., Grubler, A., Huntley, B., Jäger, J., Jodha, N. S., Kaspersen, R. E., Mabogunje, A., Matson, P. A., Mooney, H. A., Moore III, B., O’Riordan, T. und Svedin, U., 2001, Sustainability science, *Science* 292, 641-642.
- Kosz, M., 1994, *Action Plan ‘Sustainable Austria’. Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung in Österreich. Eine Untersuchung im Auftrag von Friends of the Earth*, Wien/Nestelbach: Friends of the Earth (FOE).
- Köppl, A., Kratena, K., Pichl, C., Schebeck, F., 1995, *Makroökonomische und sektorale Auswirkungen einer umweltorientierten Energiebesteuerung in Österreich. Studie des Österreichischen Instituts für Wirtschaftsforschung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt* Wien.
- Kratena, K. und Schleicher, S., 2001, Energieszenarien bis 2020, *WIFO-Monatsberichte* 10/2001, 623-628.
- Krausmann, F., 2001, Land Use and Industrial Modernization: an empirical analysis of human influence on the functioning of ecosystems in Austria 1830-1995, *Land Use Policy* 18(1), 17-26.

- Krausmann, F., Erb, K.-H., Adensam, H., Schulz, N. B. und Haberl, H., 2001, Land-Use Change and Socioeconomic Metabolism: The Case of Austria 1950-2020. Poster presentation at the Global Change Open Science Conference 'Challenges of a Changing Earth', organized by the IGBP, 10-13 July 2001, Amsterdam, the Netherlands.
- Krausmann, F. und Haberl, H., 2002, The process of industrialization from the perspective of energetic metabolism. Socioeconomic energy flows in Austria 1830-1995, *Ecological Economics* 41(2), 177-201.
- Krausmann, F., Haberl, H., Erb, K.-H. und Wackernagel, M., 2004, Resource flows and land use in Austria 1950-2000: Using the MEFA framework to monitor society-nature interaction for sustainability, *Land Use Policy* 21(3), 215-230.
- Krausmann, F., Haberl, H., Schulz, N. B., Erb, K.-H., Darge, E. und Gaube, V., 2003, Land-use change and socio-economic metabolism in Austria. Part I: driving forces of land-use change: 1950-1995, *Land Use Policy* 20(1), 1-20.
- Lutz, W., Sanderson, W. C. und Scherbov, S., 2004a, The End of World Population Growth, in: W. Lutz, W. C. Sanderson und S. Scherbov, eds., *The End of World Population Growth in the 21st Century. New Challenges for Human Capital Formation and Sustainable Development*, London, Sterling, Va.: Earthscan, 17-83.
- Lutz, W., Sanderson, W. C. und Scherbov, S., 2004b, *The End of World Population Growth in the 21st Century. New Challenges for Human Capital Formation and Sustainable Development*, London, Sterling, Va.: Earthscan.
- Mannion, A. M., 1995, *Agriculture and Environmental Change. Temporal and Spatial Dimensions*, Chichester, New York: John Wiley & Sons.
- Matthews, E., Amann, C., Fischer-Kowalski, M., Bringezu, S., Hüttler, W., Kleijn, R., Moriguchi, Y., Ottke, C., Rodenburg, E., Rogich, D., Schandl, H., Schütz, H., van der Voet, E. und Weisz, H., 2000, *The Weight of Nations: Material Outflows from Industrial Economies*, Washington, D.C.: World Resources Institute.
- Mäenpää, I. und Juutinen, A., 2001, Materials Flows in Finland. Resource Use in a Small Open Economy, *Journal of Industrial Ecology* 5(3), 33-48.
- Meyer, W. B. und Turner, B. L. I., 1994, *Changes in Land Use and Land Cover. A Global Perspective*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Muradian, R. und Martinez-Alier, J., 2001a, South-North Materials Flow: History and Environmental Repercussions, *Innovation – The European Journal of Social Sciences* 14(2), 171-187.
- Muradian, R. und Martinez-Alier, J., 2001b, Trade and the environment: from a 'Southern' perspective, *Ecological Economics* 36(2), 281-297.
- Muukkonen, J., 2000, *TMR, DMI and material balances, Finland 1980-1997*, Eurostat, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- OECD (Organization of Economic Cooperation and Development), 2004, *Material Flows and Related Indicators. Overview of Material Flow Related Activities in OECD Countries and Beyond. Descriptive Sheets*, OECD Working Group on Environmental Information and Outlooks, Paris: OECD.
- Österreichische Bundesregierung, 2002, *Österreichs Zukunft Nachhaltig Gestalten. Die Österreichische Strategie zur Nachhaltigen Entwicklung*, Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Pedersen, O. G., 2002, *DMI and TMR for Denmark 1981, 1990, 1997. An assessment of the Material Requirements of the Danish Economy*, Copenhagen: Statistics Denmark.

- Sala, O. E. und Chapin, T., 2000, Scenarios of Global Biodiversity, *IGBP Newsletter* 43, 7-19.
- Sanderson, E., Jaiteh, M., Levy, M., Redford, K., Wannebo, A., und Woolmer, G., 2002, The human footprint and the last of the wild, *BioScience* 52(10), 891-904.
- Schandl, H., Weisz, H., und Petrovic, B., 2000, *Materialflussrechnung für Österreich 1960 bis 1997*, Statistische Nachrichten 55 (NF)(2), 128-137.
- Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J. A., Folke, C. und Walker, B., 2001, Catastrophic shifts in ecosystems, *Nature* 413, 91-596.
- Schellnhuber, H. J., 1999, 'Earth system' analysis and the second Copernican revolution, *Nature* 402 (Suppl.), C19-C23.
- Schindler, J. und Zittel, W., 2004, *Energieversorgung am Wendepunkt – Bedrohtes Klima. Knappheiten bei Öl und Gas*, Schriftenreihe Nr. 4/2004, Wien: Club Niederösterreich
- Schipper, L., 2000, *On the rebound: the interaction of energy efficiency, energy use and economic activity*, *Special Issue of Energy Policy* 28(6-7), 351-500.
- Schlesinger, W. H., 1997, *Biogeochemistry – An Analysis of Global Change*, 2nd ed., San Diego: Academic Press.
- Sieferle, R. P., Krausmann, F., Schandl, H. und Winiwarter, V., 2006 (forthcoming), *Das Ende der Fläche. Zum Sozialen Metabolismus der Industrialisierung*, Wien: Böhlau.
- Spangenberg, J. H. 1995, *Ein zukunftsfähiges Europa – Towards Sustainable Europe*, Wuppertal Papers No. 42, Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.
- Steininger, K., Niederl, A., Herry, M., Sedlacek, N., Gaube, V. und Schandl, H., 2005, *Decoupling Economic Growth and Transport Demand: Case Study Austria*, Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Thomas, C. D., Cameron, A., Green, R. E., Bakkenes, M., Beaumont, L. J., Collingham, Y. C., Erasmus, B. F. N., Ferreira de Siqueira, M., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., Van Jaarsveld, A. S., Midley, G. F., Miles, L., Ortega-Huerta, M. A., Peterson, A. T., Phillips, O. L. und Williams, S. E., 2004, Extinction risk from climate change, *Nature* 427, 45-148.
- Tivy, J., 1993, *Landwirtschaft und Umwelt. Agrarökosysteme in der Biosphäre*, Berlin: Spektrum Verlag.
- UBA, 1996, *Umweltsituation in Österreich. Vierter Umweltkontrollbericht des Bundesministers für Umwelt an den Nationalrat, Teil A*, Umweltbundesamt, Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Wien.
- UNEP (United Nations Environment Programme), 2002, *Global Environment Outlook 3. Past, present and future perspective*, London: Earthscan.
- United Nations, 2005, *The Millenium Development Goals Report 2005*, New York: United Nations Organization.
- Vitousek, P. M., Ehrlich, P. R., Ehrlich, A. H. und Matson, P. A., 1986, Human Appropriation of the Products of Photosynthesis, *BioScience* 36(6), 363-373.
- Wackernagel, M. und Rees, W., 1996, *Our ecological footprint, Reducing human impact on the Earth*, Gabriola Island, Philadelphia: New Society Publishers.
- Wackernagel, M., Schulz, N. B., Deumling, D., Linares, A. C., Jenkins, M., Kapos, V., Monfreda, C., Loh, J., Myers, N., Norgaard, R. B. und Randers, J., 2002, Tracking the ecological overshoot of the human economy, *Proceedings of the National Academy of Science* 99(14), 9266-9271.

- WCED (World Commission on Environment and Development), 1987, *Our Common Future*, New York: Oxford University Press.
- Weisz, H., Amann, C., Eisenmenger, N., Erb, K.-H., Fischer-Kowalski, M. und Krausmann, F., 2002, *Economy-wide Material Flow Accounts and Indicators of Resource Use for the EU. Eurostat Tender 2001/S 125-084782/EN, Final Report*, Vienna: IFF Social Ecology.
- Weisz, H., Fischer-Kowalski, M., Grünbühel, C. M., Haberl, H., Krausmann, F. und Winiwarter, V., 2001, Global Environmental Change and Historical Transitions, *Innovation – The European Journal of Social Sciences* 14(2), 117-142.
- Weisz, H., Krausmann, F., Amann, C., Eisenmenger, N., Erb, K.-H., Hubacek, K. und Fischer-Kowalski, M., 2005, The physical economy of the European Union: Cross-country comparison and determinants of material consumption, Social Ecology Working Paper Nr. 76, 2-62, Vienna: IFF Social Ecology.
- Weisz, H., Krausmann, F., Eisenmenger, N., Amann, C. und Hubacek, K., 2006, *Development of Material Use in the European Union 1970-2001. Material composition, cross-country comparison, and material flow indicators*, Eurostat, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Weterings, R. A. P. M. und Opschoor, J. B., 1992, *The Ecocapacity as a Challenge to Technological Development*, RMNO (Advisory Council for Research on Nature and Environment), Rijswijk.
- World Commission on Environment and Development, 1987, *Our Common Future, The Brundtland-Report*, Oxford: Oxford University Press.
- WWF (World Wide Fund for Nature), 2004, *Living Planet Report 2004*, Gland: WWF.

Bisher erschienene manu:scripte

- ITA-01-01 Gunther Tichy, Walter Peissl (12/2001): Beeinträchtigung der Privatsphäre in der Informationsgesellschaft. <http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_01_01.pdf>
- ITA-01-02 Georg Aichholzer(12/2001): Delphi Austria: An Example of Tailoring Foresight to the Needs of a Small Country. <http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_01_02.pdf>
- ITA-01-03 Helge Torgersen, Jürgen Hampel (12/2001): The Gate-Resonance Model: The Interface of Policy, Media and the Public in Technology Conflicts. <http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_01_03.pdf>
- ITA-02-01 Georg Aichholzer (01/2002): Das ExpertInnen-Delphi: Methodische Grundlagen und Anwendungsfeld „Technology Foresight“. <http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_02_01.pdf>
- ITA-02-02 Walter Peissl (01/2002): Surveillance and Security – A Dodgy Relationship. <http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_02_02.pdf>
- ITA-02-03 Gunther Tichy (02/2002): Informationsgesellschaft und flexiblere Arbeitsmärkte. <http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_02_03.pdf>
- ITA-02-04 Andreas Diekmann (06/2002): Diagnose von Fehlerquellen und methodische Qualität in der sozialwissenschaftlichen Forschung. <http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_02_04.pdf>
- ITA-02-05 Gunther Tichy (10/2002): Over-optimism Among Experts in Assessment and Foresight. <http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_02_05.pdf>
- ITA-02-06 Hilmar Westholm (12/2002): Mit eDemocracy zu deliberativer Politik? Zur Praxis und Anschlussfähigkeit eines neuen Mediums. <http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_02_06.pdf>
- ITA-03-01 Jörg Flecker und Sabine Kirschenhofer (01/2003): IT verleiht Flügel? Aktuelle Tendenzen der räumlichen Verlagerung von Arbeit. <http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_03_01.pdf>
- ITA-03-02 Gunther Tichy (11/2003): Die Risikogesellschaft – Ein vernachlässigtes Konzept in der europäischen Stagnationsdiskussion. <http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_03_02.pdf>
- ITA-03-03 Michael Nentwich (11/2003): Neue Kommunikationstechnologien und Wissenschaft – Veränderungspotentiale und Handlungsoptionen auf dem Weg zur Cyber-Wissenschaft. <http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_03_03.pdf>
- ITA-04-01 Gerd Schienstock (1/2004): Finnland auf dem Weg zur Wissensökonomie – Von Pfadabhängigkeit zu Pfadentwicklung. <http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_04_01.pdf>
- ITA-04-02 Gunther Tichy (6/2004): Technikfolgen-Abschätzung: Entscheidungshilfe in einer komplexen Welt. <http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_04_02.pdf>
- ITA-04-03 Johannes M. Bauer (11/2004): Governing the Networks of the Information Society – Prospects and limits of policy in a complex technical system. <http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_04_03.pdf>
- ITA-04-04 Ronald Leenes (12/2004): Local e-Government in the Netherlands: From Ambitious Policy Goals to Harsh Reality. <http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_04_04.pdf>
- ITA-05-01 Andreas Krisch (01/2005): Die Veröffentlichung des Privaten – Mit intelligenten Etiketten vom grundsätzlichen Schutz der Privatsphäre zum Selbstschutz-Prinzip. <http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_05_01.pdf>

- ITA-05-02 Petra Grabner (12/2005): Ein Subsidiaritätstest – Die Errichtung gentechnikfreier Regionen in Österreich zwischen Anspruch und Wirklichkeit.
<http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_05_02.pdf>
- ITA-05-03 Eva Buchinger (12/2005): Innovationspolitik aus systemtheoretischer Sicht – Ein zyklisches Modell der politischen Steuerung technologischer Innovation.
<http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita_05_03.pdf>
- ITA-06-01 Michael Latzer (06/2006): Medien- und Telekommunikationspolitik: Unordnung durch Konvergenz – Ordnung durch Mediamatikpolitik.
<http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita_06_01.pdf>
- ITA-06-02 Natascha Just, Michael Latzer, Florian Saurwein (09/2006): Communications Governance: Entscheidungshilfe für die Wahl des Regulierungsarrangements am Beispiel Spam. <http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita_06_02.pdf>
- ITA-06-03 Veronika Gaube, Helmut Haberl (10/2006): Sozial-ökologische Konzepte, Modelle und Indikatoren nachhaltiger Entwicklung: Trends im Ressourcenverbrauch in Österreich.
<http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita_06_03.pdf>